Austausch von Kupfer durch Aluminium

(Ein Beitrag zur Frage des Ersatzes von Kupfer durch einen inländischen Werkstoff)

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktors
der wirtschaftlichen Staatswissenschaften
einer Hohen Rechts- und Staatswissenschaftlichen Fakultät
der Martin Luther-Universität Halle a. d. Saale

vorgelegt von

Heinz Schatz
Diplom-Volkswirt
aus Halle a. d. Saale

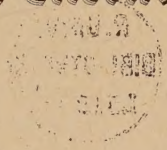
Referent:
Professor Dr. Georg Jahn

1936

Buchdruckerei Otto Mauser, Forchheim Ofr.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen Eltern!



Vorwort.

„Bei der gegenwärtigen Weltlage hat jede große Nation die Bürgschaft ihrer fortdauernden Prosperität und ihrer Unabhängigkeit vor allen Dingen in der selbständigen und gleichmäßigen Entwicklung ihrer eigenen Kräfte zu suchen".

Friedrich List.

Wenn wir heute so viel von „Ersatzstoffen" hören, müssen wir zweierlei unterscheiden: Die gegenwärtige Devisenlage zwingt Deutschland zu einer energischen Einschränkung der Einfuhr von Rohstoffen, Halb- und Fertigfabrikaten. Um den dadurch entstehenden Mangel in der Versorgung der deutschen Volkswirtschaft mit Gütern zu decken, ist man gezwungen, die fehlenden, sonst durch Einfuhr erlangten Rohstoffe durch einheimische zu ersetzen. Diese Ersatzwirtschaft spielte schon während des Krieges eine Rolle. Es ist unbestritten, daß vielfach diese Umstellung auf Ersatz nichts Bleibendes darstellt. Daneben aber findet eine Art der Umstellung auf einheimische Rohstoffe statt, die über den Rahmen eines augenblicklichen Ersatzes hinausgeht und zum Ziele hat, für die Zukunft die deutsche Rohstoffbasis zu verbreitern. Die in dieser Hinsicht vorgenommenen Bauten, Einrichtungen, Umstellungen von Werken etc. tragen aber keineswegs den Stempel des Vergänglichen, sondern werden auch in Zeiten günstigerer Welthandelsverhältnisse auf Ausnützung drängen. Diese Umstellung kann kaum mit dem Schlagwort „Autarkie" bezeichnet werden, wenngleich ganz zweifellos das Bestreben vorliegt, Deutschland aus der Welthandelsverflechtung weitgehend zu befreien. Insofern stellen diese Maßnahmen die erste Nutzanwendung aus den Lehren des Weltkrieges und der kaum überwundenen Weltwirtschaftskrise dar und knüpfen da wieder an, wo man vor 50 und mehr Jahren den bisherigen Weg verlassen hatte, um Deutschland in der Folgezeit zu einem Durchgangs- und Verarbeitungsland zu machen, dessen Rohstoffbasis mit der Ausweitung und dem Bedarf der Wirtschaft nicht mehr Schritt hielt.

Dabei soll aber das Thema der Arbeit nicht zu eng gefaßt werden, indem es nicht Zweck der Untersuchung sein soll, zu beweisen, daß die weitere Verwendung von Kupfer unnütz ist und vollständig durch Aluminiumverwendung ersetzt werden könne, wie überhaupt, abgewandt von den Streitfragen des Tages, keiner der beiden Industrien das Wort geredet werden soll. Kupfer wird

unsere Wirtschaft immer in größerem Umfange benötigen, der deutsche Kupferbergbau stellt in gesamtwirtschaftlicher und wehrpolitischer Hinsicht eine Notwendigkeit dar und die Ausfuhr von Kupferhalbzeug und Kupferfertigfabrikaten bedeutet ein nicht fortzudenkendes Aktivum der deutschen Devisenbilanz. Die Vormachtstellung des Kupfers bewirkte aber auf vielen Gebieten eine zu starke Belastung unserer Rohstoffabhängigkeit, indem die Einfuhr besonders von verbrauchsfertigem Kupfer sehr hoch ist.

Vielfach geschieht die Verwendung von Kupfer weniger aus werkstofftechnischen Notwendigkeiten heraus, sondern aus der Gewöhnung mit dem älteren Metall. Aber auch auf Gebieten, auf denen das Kupfer bislang die führende Rolle spielte, erwuchsen dem roten Metall in den letzten Jahren Konkurrenten in Werkstoffen, die sehr wohl in der Lage sind, das ursprüngliche Metall wirksam zu vertreten, ohne daß die Qualität des Fertigerzeugnisses darunter litten. Einen solchen Werkstoff stellt in hohem Maße das Aluminium dar, dessen Bedeutung von Jahr zu Jahr mehr wächst, und dessen Verwendbarkeit noch lange nicht erschöpft ist. Wenn auch Aluminium und Aluminiumlegierungen nicht über die gleichen Eigenschaften wie das Kupfer oder die wichtigsten Kupferlegierungen verfügen und einzelne Eigenschaften wie elektrische Leitfähigkeit, Zugfestigkeit usw., geringer sind als die des Kupfers, so stehen doch diesen andere Vorzüge, wie Leichtigkeit, Oberflächenbehandlung usw. gegenüber, die sich dann, auf das Ganze gesehen, etwa ausgleichen. Da das Aluminium aber außerdem noch zu den vorwiegend einheimischen Metallen zählt, so ist in ihm ein idealer Ersatzstoff gegeben.

Die Anregung zu der vorliegenden Arbeit erhielt ich von meinem Vater, Herrn Civilingineur Andreas Schatz VDI, der mich auch bei der Durcharbeitung des technischen Stoffes wirkungsvoll unterstützt hat. Ihm, den Vereinigten Aluminiumwerken AG, der Aluminium-Zentrale GmbH, dem Deutschen Kupferinstitut E. V., der Metallgesellschaft AG, den Ardeltwerken GmbH und allen denen, die mir durch Informationen, Materialbeschaffung usw. bereitwilligst halfen, möchte ich an dieser Stelle meinen Dank sagen.

Insonderheit aber bin ich dem Direktor des Staatswissenschaftlichen Seminars der Martin-Luther-Universität zu Halle a. d. Saale, Herrn Professor Dr. G. Jahn, für seinen Rat und bereitwillige Förderung der Arbeit verbunden.

Halle a. d. S., im Juni 1935.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	V
Inhaltsverzeichnis	VII
Literatur	X

Teil A:

Der Bedarf der deutschen Wirtschaft an Kupfer und die Entwicklungsmöglichkeit der deutschen Kupferindustrie.

Einleitung	
Kap. I: Weltkupfererzeugung und Weltkupferverbrauch	1
1. Die Erzeugung der Welt an Kupfererzen	1
2. Die Welthüttenerzeugung	10
3. Der Weltkupferverbrauch	12
Kap. II: Die Kupferversorgung Deutschlands	14
1. Die Rohstoffgrundlage der deutschen Kupferindustrie	14
a) Der deutsche Kupfererzbergbau	14
b) Die Erweiterungsmöglichkeit des deutschen Kupfererzbergbaues	17
2. Die deutsche Kupferhüttenindustrie	22
3. Die deutsche Kupfereinfuhr	26
a) Die Einfuhr von Erzen und Konzentraten	26
b) Die Einfuhr von Roh- und Fertigkupfer	27
c) Die Versorgung mit Altmetall	29
d) Einfuhr von Erzen und Altmetall statt Fertigkupfer	31
4. Die deutsche Kupferausfuhr	32
5. Die Versorgung Deutschlands mit Kupfer	32
6. Die deutsche Devisenbilanz für Kupfer	34
Kap. III: Kupferversorgung und Kupferpreis	36
1. Die Konzentrationsbewegung in der Kupferindustrie	36
a) Die Konzerne der deutschen Kupferindustrie	37
b) Die Konzerne der anderen Länder	40
2. Das internationale Kupferkartell	40
a) Der Aufbau des internationalen Kupferkartells	40
b) Die Preispolitik des Kupferkartells	42
c) Das Ende des internationalen Kupferkartells	44
3. Die neuere Entwicklung der Preise auf dem Kupfermarkt	46
4) Die Abhängigkeit der deutschen Kupferversorgung vom Weltmarkt	49

Teil B:

Die Möglichkeit des Austausches von Kupfer durch andere Metalle, besonders durch Aluminium.

Einleitung 52

Kap. IV: Welche Metalle kommen für einen Austausch des Kupfers in Frage 54

1. Die Eigenschaften des Kupfers . . . 54
2. Die Verwendung von Kupfer und Kupferlegierungen 55
3. Die verschiedenen Austauschstoffe für Kupfer und Messing 56
4. Austausch durch Aluminium . . . 57
5. Die Eigenschaften des Aluminiums . . 58

Kap. V: Die Verdrängung der Schwermetalle, speziell des Kupfers durch Aluminium . . . 62

1. Die Verwendung von Aluminium im Haushalt . 62
2. Die Anwendung in der Chemischen und Nahrungsmittelindustrie 63
3. Aluminium und seine Legierungen als Konstruktionsmaterial im Verkehrswesen . . . 67
   a) Luftschiff- und Flugzeugbau . . . 67
   b) Kraftfahrwesen 68
   c) Schienenfahrzeuge 69
   d) Schiffsbau 70
4. Die zunehmende Verwendung von Aluminium im Bauwesen 72
5. Aluminium im Feuerlöschwesen . . . 76
6. Das Blattaluminium 76
7. Aluminium in der Elektrotechnik . . 78
   a) Allgemeines über Aluminium als aktives und passives Material in der Elektrotechnik . 78
   b) Verwendung von Aluminium im Schaltanlagenbau 80
   c) Elektrolytische Oxydation von Aluminium . 84
   d) Aluminium im Freileitungsbau . . 87
   e) Verschiedenes 95
8. Weitere Verwendung der elektrolytischen Oxydation 96
9. Das MBV-Verfahren 98
10. Schweißen und Löten von Aluminium . . 99
    a) Das Schweißen 99
    b) Das Löten 100
11. Zusammenfassung 100

Kap. VI: Die Einleitung des Austausches durch staatliche Maßnahmen 102

1. Die Rechtsgrundlagen der Metallbewirtschaftung . 104
2. Der Umfang der Bewirtschaftung . . 105

3. Vorschriften über Einkauf, Verkauf, Lieferung und Preise 105
4. Verbrauchsregelung und Verwendungsverbote . 107
a) Die Verbrauchsregelung . . . 107
b) Die Verwendungsverbote . . . 108
c) Die Auswirkung der Verbote . . 110

Teil C:

Der Stand der deutschen Aluminiumindustrie und die Möglichkeit ihrer Erweiterung.

Einleitung 113
Kap. VII: Das deutsche Aluminiumrohstoffproblem . 114
1. Die Versorgung Deutschlands mit Bauxit . 115
a) Die deutschen Bauxitvorkommen . . 116
b) Die Bauxitversorgung vom Ausland her . 118
2. Die Verwendung deutscher Tone als Ausgangsstoff 120
3. Die Versorgung mit Kryolith u. a. . . 122
Kap. VIII: Die Aluminiumversorgung Deutschlands . 123
1. Die deutsche Aluminiumindustrie . . 123
2. Die Erzeugung von Aluminium . . 126
a) der Welt 126
b) Deutschlands 129
3. Die Bedeutung der Aluminiumabfälle und des Altmaterials 132
4. Der Verbrauch von Aluminium . . . 132
a) der Welt 132
b) Deutschlands 133
Kap. IX: Die Produktionskosten der deutschen Aluminiumindustrie 135
1. Die Preisentwicklung des Aluminiums und die Konzentrationsbewegung in der Weltaluminiumindustrie 135
2. Die Kraftversorgung der deutschen Aluminiumindustrie 138
3. Die Produktionskosten 142
4. Die Aluminiumzollfrage . . . 144
Kap. X: Die Frage der Rentabilität bei der Verwendung von Aluminium anstelle von Kupfer und der Umfang des Austausches der beiden Metalle . 145
1. Kostenvergleich zwischen Kupfer und Aluminium . 145
a) im Freileitungsbau 145
b) bei Spulen mit Aluminium- und Kupferwicklung 148
c) im Blitzableiterbau 149
d) Zusammenfassung 149
2. Der Umfang des Austausches von Kupfer durch Aluminium 150
3. Vergleich der Kupfer- und Aluminiumversorgung . 152

Literatur.

Bücher:

Bannert Hans: Der Rohaluminiumweltmarkt und die deutsche Rohaluminiumindustrie. Diss. Halle a. d. S. 1927.

Brandt-Huppertz: Vorschriften zur Metallbewirtschaftung. Berlin 1934.

Brüning, Kurt: Der Bergbau im Harz und im Mansfeldschen. Braunschweig 1926.

Czimatis, Albr.: Rohstoffprobleme der deutschen Aluminiumindustrie im Rahmen ihrer wirtschaftlichen Entwicklung. Diss. Dresden 1930.

Däbritz, W.: 50 Jahre Metallgesellschaft. 1881—1931. Denkschrift. Frankfurt a. M. 1931.

David, Ernst: Die Kupferhüttenindustrie. — In Münchener volkswirtschaftliche Studien. 123. Stück. Stuttgart/Berlin 1913.

Debar, Rud.: Die Aluminiumindustrie. Braunschweig 1925.

Dehne, Gerh.: Deutschlands Großkraftversorgung. Berlin 1925.

Franke, Werner: Abriß der neuesten Wirtschaftsgeschichte des Kupfers, München 1920.

Fried, Ferd.: Autarkie. Jena 1932.

Gautschi, Alf.: Die Aluminiumindustrie. In Züricher volkswirtwirtschaftliche Forschungen. Zürich 1925,

Gmelins, Handbuch der anorganischen Chemie. Berlin 1934.

Goebel, Otto: Deutsche Rohstoffwirtschaft im Weltkrieg (einschl. des Hindenburg-Programms). Stuttgart/Berlin und Leipzig. 1930.

Günther, Georg: Die deutsche Rohaluminiumindustrie. Diss. Leipzig 1931.

Hoffmann, Walter: 725 Jahre Mansfeldbergbau. Festschr. 1925.

Hofmann, W. und VAW AG: Aluminium-Freileitungen. Ein Hilfsbuch für die Planung und den Bau von Aluminium-Freileitungen. Kötschenbroda, 1934.

Hug, Andre: Die wirtschaftliche Bedeutung des Aluminiums. Berlin 1934.

Irrgang, Paul: Die Kupferversorgung Deutschlands seit 1914. Diss. Marburg 1931.

Katthein, Bernh.: Kupfererzeugung und Kupferbedarf. Diss. Greifswald 1931.

Kessner, A: Ausnutzung und Veredelung deutscher Rohstoffe. 3. Aufl. von „Rohstoffersatz". Berlin 1921.

Kossmann, Wilfr.: Ueber die wirtschaftliche Entwicklung der Aluminiumindustrie. Diss. Frankfurt a. M. 1911.

Krusch, Paul: Die Versorgung Deutschlands mit metallischen Rohstoffen ‹Erzen und Metallen› Leipzig 1913.
Marcus: Grundlagen der modernen Metallwirtschaft. Berlin 1929.
Melchior, Paul: Aluminium. Berlin 1929.
Pabst, Adalb.: Die Strukturwandlungen der internationalen Kupferwirtschaft und das internationale Kupferkartell. Diss. Göttingen 1932.
Pfeifer, Hans: Wirtschaftliche Konstruktionsformen in der Weltkupferindustrie. Diss. Jena 1930.
Regelsberger, Friedr.: Chemische Technologie der Leichtmetalle und ihre Legierungen. Leipzig 1926.
Reinhardt, E.: Die Kupferversorgung Deutschlands und die Entwicklung der deutschen Kupferbörsen. Kölner Studien zu Staats- und Wirtschaftsleben, Bonn 1913.
von Schoenebeck: Das Aluminiumzollproblem. Berlin 1929.
Tiedemann, Hans: Technisch-wirtschaftliche Probleme der Aluminiumindustrie. Diss. Breslau 1934.
Weber, Alfr.: Ueber den Standort der Industrien. Teil I, Tübingen 1922.
von Zeerleder, A.: Die Technologie des Aluminiums und seiner Leichtlegierungen. Leipzig 1934.

Broschüren, Vorträge und Berichte:

Aluminium-Taschenbuch, Herausgegeben von der Aluminium-Zentrale G. m. b. H., Berlin. 4. u. 5. Aufl.
Eisentraut, O.: Die Versorgung Deutschlands mit Erzen und Metallen. Vortrag, gehalten vor der Schlesischen Gesellschaft für Vaterländische Cultur am 8. 11. 1932.
Eisentraut, O.: Kupfererze im Zechstein Niederschlesiens. Vortrag, gehalten auf der Hauptversammlung der Gesellschaft Deutscher Metallhütten und Bergleute am 22. 9. 1934.
Guertler, W.: Aufbau der deutschen Metalltechnik aus deutschen Werkstoffen. Vortrag, gehalten im Außeninstitut der Technischen Hochschule in Berlin am 16. 6. 1933.
Petersen: Die NE-Metalle im Rahmen der deutschen Volkswirtschaft. Vortrag, gehalten vor dem DHV in Frankfurt a. M. am 18. 12. 1933.
Troeger, Rich.: Die deutschen Aluminiumwerke und die Staatliche Elektrizitätsversorgung. Berlin 1919.
Wedemeyer, Rud.: Rohstoffbeschaffung im Rohstoffkreditverfahren. Sonderdruck aus der deutschen Bergwerkszeitung 1935.

Veröffentlichungen des „Deutschen Kupferinstitutes EV" und der „Aluminium-Zentrale GmbH", Berlin.

Geschäftsberichte der „Mansfeld AG" und der „Mansfeldscher Kupferschieferbergbau AG", der „Vereinigten Aluminiumwerke AG", der Aluminium Industrie AG" — Neuhausen — Schweiz, der Norddeutschen Affinerie" und der Metallgesellschaft AG".

Bericht aus Anlaß des 15jährigen Bestehens des „Zentralverband der deutschen Metall-Walzwerks und Hütten-Industrie EV", Berlin 1934.

Zeitschriften und Zeitungen.

Aluminium, Hauszeitschrift der Vereinigten Aluminiumwerke und Erftwerk AG.

Aluminiumzeitschrift für das Interessengebiet der Leichtmetalle Hohenleuben.

Aluminium, herausgegeben von der Aluminium-Zentrale GmbH, Berlin.

Anzeiger für Berg-, Hütten- und Maschinenwesen.

Chemische Fabrik

Deutsche Bergwerkszeitung, Düsseldorf.

Der Deutsche Oekonomist, Berlin.

Der deutsche Volkswirt, Berlin.

Die Deutsche Volkswirtschaft, Berlin.

Elektrizitätswirtschaft, Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke e. V.

Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin.

Fördertechnik und Frachtverkehr, Erfurt.

Frankfurter Zeitung

Kartellrundschau

Metall und Erz, Halle a. d. Saale

Metallwirtschaft, Metalltechnik, Metallwissenschaft, Berlin

Neue Züricher Zeitung

Organ für den Fortschritt im Eisenbahnwesen

Rhein-Mainische-Wirtschaftszeitung, Zeitschrift der Rhein-Mainischen Industrie- und Handelstages, Frankfurt a. M.

Rundschau Technischer Arbeit, Berlin

Schweizerische technische Zeitschrift, Zürich

VDI-Zeitschrift, Berlin

Wasserkraftjahrbuch 1925—1926

Wirtschafsdienst, Hamburg

Wirtschaftskurve, Frankfurt a. M.

Statistik

Monatliche Nachweise über den auswärtigen Handel Deutschlands,

Statistische Zusammenstellungen der Metallgesellschaft, Frankfurt M.

Wochenberichte des Instituts für Konjunkturforschung.

Teil A:

Der Bedarf der deutschen Wirtschaft an Kupfer und die Entwicklungsmöglichkeit der deutschen Kupferindustrie.

Einleitung.

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erlangte das Kupfer für Deutschland wachsende Bedeutung. Die großen Erfindungen in der Erzeugung und Verwendung von Elektrizität brachten einen ungeheuren Anstoß für die Ausweitung der kupferverarbeitenden Industrie, indem durch Kabel und Drähte usw. ganz neue Verwendungsgebiete entstanden.

Mit dem steigenden Kupferbedarf wurden aber die einheimischen Kupfererzvorkommen, die im Mittelalter Weltgeltung erlangten, immer unzulänglicher. In steigendem Maße mußten Erze und Zwischenprodukte herangezogen werden, um daraus in deutschen Hütten das fertige Metall zu gewinnen. Vor dem Kriege war die Versorgung mit den nötigen Rohstoffen vollkommen sichergestellt. Durch den Weltkrieg änderte sich aber die Lage entscheidend. Die machtvolle Stellung des deutschen Metallhandels wurde zerstört. Das deutsche Kapital, das maßgebend an der Entwicklung überseeischer Erzgebiete beteiligt war, ging durch Enteignung verloren. Neu entstandene ausländische Hütten zogen die Auslandserze an sich und die gegenwärtige Entwertung ausländischer Währungen wirken sich im Wettbewerb um die noch freien Erze sehr zu Ungunsten Deutschlands aus. Aber gerade in der Kriegszeit hat es die deutsche Hütten- und Halbzeugindustrie gelernt, Alt- und Abfallmaterial zu verarbeiten, sodaß die Versorgung der deutschen Kupferindustrie mit Abfallmaterial eine große Entlastung für die so schwierig gewordene Erzversorgung darstellt.

Gegenwärtig zwingt die knappe Devisenlage des Reiches zu entscheidenden Maßnahmen, um die Versorgung Deutschlands mit Kupfer sicher zu stellen. Wenngleich die deutsche Kupferhalbzeug- und Fertigwarenausfuhr ein hohes Aktivum aufweist, so muß es doch unter gegebenen gegenwärtigen Verhältnissen, nach den Erfahrungen der vier Kriegsjahre und dem Zusammenbruch der Welthandelsbeziehungen durch Währungsabwertungen, Zollerhöhungen und Kontingentierungspolitik der Länder, das Bestreben einer nationalen Wirtschaftspolitik sein, mit allen Mitteln nach einer Verbreiterung der Rohstoffbasis zu streben. Zu diesem Zwecke wurde

z. B. das Gesetz über die Durchforschung des Reichsgebietes nach nutzbaren Lagerstätten (Lagerstättengesetz) vom 4. 12. 1934 erlassen. Danach ist der Reichswirtschaftsminister ermächtigt, mit der Durchforschung des Reichsgebietes nach Lagerstätten zur Sicherung der deutschen Mineralversorgung die Preußische Geologische Landesanstalt und die geologischen Anstalten der übrigen Länder zu beauftragen.

Wie weit der deutsche Kupferbedarf durch eigene Erze gedeckt werden kann und wie weit eine höhere Ausnutzung der deutschen Erzlager noch möglich ist, soll in diesem ersten Teil der Arbeit dargelegt werden.

Die Maßnahmen der Reichsregierung zur Ueberwindung der Wirtschaftskrise und damit vor allem zur Ueberwindung der Arbeitslosigkeit haben ein Ansteigen der Ziffern für Erzeugung und Verbrauch auf allen Gebieten der Wirtschaft gebracht. Zum Teil schon mit Ablauf des Jahres 1933, vor allem aber im Jahre 1934 ist eine Wiederbelebung der Wirtschaft unverkennbar. Diese Entwicklung der Wirtschaft ist bei der Mehrzahl der Industriestaaten dadurch erreicht worden, daß man davon abging, die Ueberwindung der Krise durch internationale Verständigung zu erreichen, und im eigenen Lande mit dem Wirtschaftswiederaufbau begann. Die Selbsthilfe der Länder mußte natürlich zu einer weiteren Verschärfung der welthandelspolitischen Lage führen und gerade Deutschland, als Durchgangs- und Veredelungsland für Rohstoffe, spürte diese Veränderungen am empfindlichsten. Die durch staatliche Arbeitsbeschaffungsmaßnahmen eingeleitete größere Ausnutzung der Erzeugungskapazität der deutschen Wirtschaft beanspruchte in erhöhtem Maße wieder Rohstoffe, deren Einfuhr aus dem Auslande notwendig war, aber infolge der geringen Devisenvorräte der Reichsbank scheinbar unüberwindliche Schwierigkeiten bereitete. Im Hinblick auf diese Entwicklung der Dinge erließ die Reichsregierung im Jahre 1934 eine Reihe von Maßnahmen, um Rohstoffe und Vorräte einer einheitlichen Bewirtschaftung zu unterwerfen. So wurde für die Metallwirtschaft im Laufe des Jahres 1934 ein ganzes System von Verordnungen herausgebracht. Neben allgemeinen Bestimmungen über Einkauf und Verkauf von Metallen im Ausland und Inland wurde auch eine ganze Reihe von Anwendungsverboten für verschiedene Metalle erlassen, deren Mehrverwendung die deutsche Devisenbilanz zu sehr belasten würde und deren Austausch durch einheimische oder bodenständige Werkstoffe technisch wie wirtschaftlich möglich ist. Zu diesen von den Bestimmungen betroffenen Metallen gehören außer Nickel, Zinn, Quecksilber u. a. vor allem Kupfer.

Wie wir nachher noch sehen werden, sind einer Versorgung der deutschen Kupferindustrie mit einheimischen Erzen auch unter

vollster Ausnutzung der vorhandenen Lager enge Grenzen gesetzt. Die Einfuhr von Erzen, Konzentraten und Fertigkupfer ist unumgänglich. Der Anteil an deutscher Veredelungsarbeit ist bei diesen einzuführenden Vorprodukten umso geringer, je weiter die Konzentration vorgenommen wurde, d. h. während eingeführte reine Kupfererze bei der Veredelung zu Fertigkupfer im Inland einen Wertanteil an deutscher Arbeit in Höhe von 75% darstellen, sinkt dieser Wertanteil, je mehr diese eingeführten Rohmaterialien schon einer Aufbereitung unterworfen wurden, bis er beim eingeführten Fertigkupfer überhaupt fortfällt. Im Interesse der Arbeitsbeschaffung ist aus diesem Grunde eine Einfuhr von Erzen und Vorprodukten niedrigster Konzentration zu fördern gegenüber einer Einfuhr von Fertigmetall. Daß diesen erklärlichen Bestrebungen enge Grenzen gesetzt sind, soll im Kapitel I und II ersichtlich gemacht werden.

Wenn es aber gelingt, den notwendig gewordenen Mehrbedarf der Wirtschaft, der sich vor allem dann in einen Bedarf an Fertigmetall auswirken muß, wenn die Kapazität der Hütten voll ausgenützt ist, durch ein anderes vollwertiges und bodenständiges Metall zu ersetzen, so ist schon ein entscheidender Schritt in der Unabhängigkeit der deutschen Rohstoffversorgung getan. Wie weit eine solche Entwicklung speziell für Kupfer möglich ist, soll in den Teilen B und C der Arbeit untersucht werden.

Kapitel I.

Weltkupfererzeugung und Weltkupferverbrauch.

1. Die Erzeugung der Welt an Kupfererzen.

Fast über die ganze Erde sind Lagerstätten von Kupfererzen verbreitet, sodaß sich in jedem größeren Lande mehr oder weniger ertragfähige Kupfererzlager befinden. Um aber einen rentablen Abbau der Erze vornehmen zu können, genügt das Vorhandensein kupferhaltiger Erze allein bei weitem nicht. Die Reichhaltigkeit der betreffenden Erze spielt die ausschlaggebende Rolle dabei, ob ein Abbau vorgenommen werden kann oder nicht, desgleichen bestimmen die Rentabilität des Abbaues auch das Vorhandensein von Kohle und das Bestehen günstiger Transportverhältnisse. — Kupfer kommt übrigens auch im gediegenen Zustand vor und zwar in größeren Mengen nur in Nordamerika, sowie in Neu-Mexiko, Chile und Südaustralien, die aber von geringerer Bedeutung sind. Das Vorkommen von gediegenem Kupfer stellt aber nur einen geringen Teil der Weltkupferbestände dar. Deshalb spielt auch die Gewinnung von Kupfer in gediegenem Zustand nur eine untergeordnete Rolle gegenüber der Kupfererzeugung aus Erzen. Der Kupfergehalt der Erze ist dabei meist nicht allzu hoch. Die bekanntesten Kupfererze

sind der Kupferkies und der Kupferglanz, sowie Buntkupfererz, Malachit, Kupferlasur und Rotkupfererz.

Im Laufe der Jahrhunderte verschob sich das Schwergewicht der Kupfererzeugung vom Osten nach dem Westen. Im Mittelalter nahm die deutsche Kupfergewinnung die beherrschende Stellung in der Welt ein, doch schon im 17. Jahrhundert gewinnen die schwedischen Erzlager zu Falun an Bedeutung. Im 18. Jahrhundert nahm die Kupfererzeugung Englands in Cornwall an Ausdehnung zu und sicherte dadurch England die Herrschaft über den Weltkupfermarkt. Zu dieser Zeit war Deutschlands Kupfererzeugung gegenüber dem Verbrauch schon so gering, daß es auf englisches Kupfer angewiesen war. Ungleich bedeutender als die englische Erzerzeugung war die englische Hüttenerzeugung, in die aus Chile eingeführte Erze eingesetzt wurden. Chile als Erzlieferant und England als Kupferhersteller waren die beiden Hauptversorgungsländer der Welt für Kupfer im 19. Jahrhundert. Gegen Mitte des vorigen Jahrhunderts erlangten die spanischen und portugiesischen Kupferminen die Vorherrschaft. Mit den 80er Jahren aber verloren auch sie an Bedeutung und der Schwerpunkt in der Weltkupfererzeugung verlagerte sich immer mehr nach Westen. Amerika trat an die Stelle Europas und wurde zum Hauptproduzenten für Kupfer. In knapp 40 Jahren ist es den Vereinigten Staaten von Amerika gelungen, die Vormachtstellung auf dem Kupferweltmarkt an sich zu reisen, denn erst seit dem Jahre 1845 wurden die reichen amerkanischen Kupfererzvorkommen auf rationelle Weise abgebaut.

1887 beträgt die Welterzeugung von Kupfer 227400 t, daran hat USA einen Anteil von 80400 t oder 35%. Dann erst folgt Spanien mit 54000 t = 24%, während Deutschlands Anteil etwa $6^2/_3$ % an der Welterzeugung beträgt. Die Fortschritte der amerikanischen Kupfererzeugung hielten aber weiter an. 1895 schon betrug der Anteil von USA 51% der Welterzeugung und erlangt im Jahre 1909 mit 58.3% seinen Höhepunkt. Seit dieser Zeit ist ein immer stärker werdendes Abgleiten der nordamerikanischen Ziffern der Erzeugung festzustellen. Wenngleich die absoluten Zahlen noch bis zum Jahre 1929 eine Steigerung erfahren, sinken doch die Anteile an der Welterzeugung von Kupfererzen immer weiter. 1925 betrug der Anteil von USA nur noch 54%. 1929 sank er trotz der guten Konjunktur auf 45.9% und ereichte im Jahre 1933 mit 17% seinen tiefsten Stand. Wenn wir von der letzten Zahl absehen, die nur auf die Krise zurückzuführen ist und lediglich die Entwicklung bis 1929 betrachten, so stellen wir fest, daß in der Zeit von 1923 bis 1929 vor allem das Ansteigen der Erzeugungsziffern der mittel- und südamerikanischen Minen die Vormachtstellung der Vereinigten Staaten gebrochen haben. Nach den Sta-

tistischen Zusammenstellungen der Metallgesellschaft, Frankfurt a. M., beläuft sich die Produktionssteigerung der Minen auf: (in 1000 metr. t)

Land	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929
Kanada	39.4	47.4	50.5	60.4	63.6	91.9	112.5
Chile	182.4	189.6	192.5	203.1	242.6	286.8	320.6
Mexiko	53.4	49.1	51.3	53.8	58.7	65.5	86.6

Obwohl in den Vereinigten Staaten in diesen Jahren die Produktion ebenfalls einen Anstieg zu verzeichnen hatte, so war dieser doch nicht so groß, daß der bisherige prozentuale Anteil an der Welterzeugung trotz der Expansion der mittel- und südamerikanischen Gruben gewahrt blieb.

Der Vollständigkeit halber sei eine Darstellung der Welterzeugung von Kupfererzen nach den einzelnen Ländern gegliedert angeführt[1]). Vorausgesetzt darf wohl werden, daß alle Erzeugungsziffern sich lediglich auf den Kupfergehalt, nicht aber auf die tatsächliche Erzförderung beziehen.

in 1000 metr. t	1923	1925	1927	1929	1930	1931	1932	1933
Deutschland	18.2	23.8	27.7	29.1	27.2	30.1	30.9	31.0
Spanien	33.4	48.1	50.7	63.7	58.4	54.0	35.0	44.0
Rußland	2.9	6.6	13.0	25.0	30.0	29.0	30.0	31.0
Jugoslawien	6.8	7.3	12.9	20.7	24.5	24.4	30.2	40.3
Gr. Britannien	0.1	0.1	0.2	0.1	—	0.1	0.1	—
Italien	1.1	0.8	1.6	0.9	0.9	0.4	0.5	0.5
Schweden	0.8	0.2	0.8	1.1	0.8	1.6	4.3	7.5
Oesterreich	1.6	1.7	2.3	2.1	2.2	1.3	0.2	0.2
Norwegen	8.5	11.0	12.3	19.1	17.3	8.7	16.7	18.0
übrig. Europa	2.3	4.2	5.7	11.8	12.2	11.4	9.8	9.6
Europa	75.7	103.8	127.2	173.6	173.5	161.0	157.7	182.1
Japan	59.3	66.5	66.6	75.5	79.0	75.8	71.0	68.5
Br. Indien	1.5	3.4	11.5	6.6	10.7	10.4	9.4	10.8
übrig. Asien				11.8	10.6	7.2	6.2	8.2
Asien	60.8	69.9	78.1	93.9	100.3	93.4	86.6	87.5
Belg. Kongo	57.9	90.1	89.2	137.0	138.9	124.0	59.6	94.2
Rhodesien	6.6	1.9	4.2	6.5	7.9	23.7	69.0	105.9
übrig. Afrika	17.4	18.4	19.8	20.9	21.4	18.8	14.3	9.5
Afrika	81.9	110.4	113.2	164.4	168.2	166.5	142.9	209.6
USA	670.3	761.2	748.4	905.0	639.6	479.8	217.7	178.0
Mexiko	53.4	51.3	58.7	86.6	73.4	54.2	35.3	39.8
Kanada	39.4	50.5	63.6	112.5	137.7	132.6	112.3	136.0
Cuba	10.9	11.9	14.1	14.3	16.3	13.4	5.4	7.4
Chile	182.4	192.5	242.6	320.6	220.3	223.5	103.2	163.0
Peru	43.8	37.4	47.6	55.6	47.6	46.1	21.4	24.8
Bolivien	10.7	6.8	8.7	7.2	4.3	2.0	2.0	1.9
übrig. Amerika	1.5	2.0	0.2	—	0.2	0.7	0.1	—
Amerika	1012.4	1113.4	1183.9	1501.8	1139.4	952.3	497.4	550.9
Australien	18.7	12.0	10.1	13.0	13.2	13.7	14.9	16.0
Welterzeugung:	1249.5	1409.7	1512.5	1946.7	1594.6	1386.9	899.5	1046.1

1) Vgl. Statistische Zusammenstellungen der Metallgesellschaft, Jg. 1935.

Aus dieser Tabelle erfahren wir schon einiges über die Weltkupfererzeugung im Wechsel der Konjunkturen. Mit dem Jahre 1921 war der erste konjunkturelle Aufschwung nach der Kriegszeit abgeschlossen worden. Die Welterzeugung glitt von 1048500 t im Jahre 1919 auf 552400 t im Jahre 1921 ab. Aber schon im darauffolgenden Jahre machte sich wieder ein Aufstieg in der Welterzeugung bemerkbar. Die Ziffern von 1922 lauten bereits wieder auf 864000 t. Und von diesem Jahre ab folgt ein 8 jähriger Aufstieg bis zum Jahre 1929. Kupfer wie alle Nichteisenmetalle weisen in dieser Zeit Höchstziffern sowohl in der Erzeugung als auch im Verbrauch auf. Nach diesem Höhepunkt aber setzt ein sich von Jahr zu Jahr steigernder Niedergang ein, der im Jahre 1932 seinen tiefsten Stand für die Erzeugung und auch für den Verbrauch aufweist. Mit dem Jahre 1933 aber setzt eine Aufwärtsbewegung oder doch zumindesten ein Stillstand im Abgleiten der Erzeugungsziffern bei verschiedenen Ländern ein. Bemerkenswerterweise gilt das eben Gesagte nicht für die Vereinigten Staaten. Die Verbrauchsziffern für alle Nichteisenmetalle, vor allem aber für Kupfer liegen im Jahre 1933 über denen von 1932, eine Aufwärtsbewegung, die sich auch im Jahre 1934 weiter fortsetzt. Daß der Verbrauch aber stärker steigt als die Erzeugung, zeigt die Entwicklung der Weltkupfervorräte (in 1000 metr. t):

Stand Ende	1929	1930	1931	1932	1933	Mai 1934
	561	668	864	927	807	725

Diese Verbrauchserhöhung hat nicht nur zu einer Verminderung der Weltkupfervorräte in den Jahren 1933 und 1934 um 13 bezw. 21% gegenüber dem Stande von 1932 geführt, sondern schuf auch die Möglichkeit zu einer nicht unwesentlichen Produktionssteigerung bei den Kupferminen wie bei den Hütten und Raffinerien.

Wie groß aber der Produktionsrückgang für die Kupferbergwerkserzeugung in den Jahren 1930 bis 1933 war, zeigen folgende Berechnungen: seit 1929 ging die Erzeugung um 45% zurück. Vergleicht man nun die Erzeugungsziffern für Kupfer im Jahre 1933 mit denen des Jahres 1929, indem man sie in Prozenten der letzteren ausdrückt, so ergeben sich folgende Zahlenreihen, die der besseren Uebersicht halber nach Wirtschaftsgebieten eingeteilt werden sollen. Diese entsprechen dann zwar nicht der Einteilung der großen Tabelle, veranschaulichen aber am besten die grundlegenden strukturellen Veränderungen in der Bergwerkserzeugung der Welt.

USA (mit Süd- u. Mittelamerika) . . .	30.0 %
Europa (ohne England, Rußland, mit Belg. Kongo) .	86.0 „
Brit. Imperium (England, Br. Indien, Rhodesien, Kanada, Australien)	225.7 „
Rußland (mit Japan u. übrig. Asien) . . .	96.1 „
Welt insgesamt	53.2 „

Aus dieser kurzen Berechnung geht hervor, daß vornehmlich die nord-, mittel- und südamerikanischen Staaten, vielleicht mit Ausnahme von Kanada, in den Jahren des wirtschaftlichen Niederganges seit 1929 am meisten ihre Erzeugung einschränken mußten. Ungeheuer hat dabei die Bergwerkserzeugung der Vereinigten Staaten gelitten. Weit geringer ist der Rückgang in Europa und Asien, während die Produktion im Britischen Imperium die für eine wirtschaftliche Niedergangszeit höchst befremdliche Tatsache einer Steigerung über das Doppelte aufweist. Diese plötzliche Produktionssteigerung entfällt hauptsächlich auf Rhodesien, wo in den letzten Jahren ungeheuere Lager an Kupfererzen erschlossen und ausgebaut wurden. Einen ähnlichen Fall werden wir übrigens, wenn auch nicht in so starkem Maße, bei Kanada finden, dem einzigen Land auf dem amerikanischen Kontingent, dessen Kupfererzproduktion während der Krisenjahre nicht zurückgegangen ist, sondern eine Steigerung erfuhr.

Wenn wir des Näheren auf die einzelnen Kupfererzlager der Welt eingehen wollen, so beginnen wir mit den amerikanischen Lagerstätten. Noch 1929 lieferte der amerikanische Kontingent rund 80% der Weltkupferproduktion und die Vereinigten Staaten allein über 50%. Selbst heute, nach den umfangreichen Einschränkungen der amerikanischen Förderung stehen die Vereinigten Staaten immer noch an der Spitze der erzeugenden Länder.

In den Vereinigten Staaten sind 3 Hauptlagerstätten zu unterscheiden: das Gebiet Arizonas, der Buttedistrikt in Montana und das Lakegebiet in Michigan.

Seit 1910 steht Arizona an erster Stelle in der Kupferbergwerksproduktion der Welt. Seine Erzeugung betrug 1929 allein 376122 t, die allerdings 1933 sich auf 91234 t verringerten. Die dort gefundenen Erze weisen einen Kupfergehalt bis zu 20% auf.

In weitem Abstand folgt Montana, wo $^2/_3$ der gefundenen Erze Kupferglanz mit einem Gehalt von 12—15% Kupfer darstellen. Die Produktion betrug 1929 136030 t, während 1933 nur mehr 44415 t gefördert wurden.

Das Lakegebiet in Michigan steht mit einer Ausbeute von 84051 t im Jahre 1929 und 28984 t im Jahre 1933 eigentlich an letzter Stelle. Das Kupfer kommt hier in starkem Maße gediegen vor. Das Gebiet ist daher eine der ältesten Lagerstätten der Welt. Die Lakeminen nehmen insofern noch eine Sonderstellung ein, als sie im Gegensatz zu den anderen amerikanischen Kupfererzeugern das geförderte Kupfer in eigenen Raffinerien fertig verhüten. Lakekupfer spielt im Handel eine große Rolle, da es nicht elektrolytisch, sondern hüttenmännisch raffiniert ist. Wegen seiner geringeren Reinheit als Elektrolytkupfer kommt es nicht als Leitungsmaterial

in der Elektroindustrie zur Verwendung. Infolge seines Arsengehaltes besitzt es aber eine größere Festigkeit als Elektrolytkupfer und eignet sich besonders gut für den Apparatebau und die Maschinenindustrie.

Größer als die Erzeugung im Lakedistrikt ist die der Utah Copper Co, die, weil erst 1903 gegründet, in den Statistiken meist an letzter Stelle aufgeführt wird, seit 1926 aber bereits an zweiter Stelle innerhalb der amerikanischen Erzförderung steht. Der Abbau geschieht in Tagebau, da die Erze an der Oberfläche liegen. Dieser Umstand sowie die Möglichkeit eines billigen Transportes haben die Produktionskosten sehr niedrig gehalten, sodaß die Gruben auch bei gedrückten Weltmarktpreisen wettbewerbsfähig sind. Die Erzeugung betrug 1929 147855 t und 1933 34656 t.

In weit größeren Abständen folgen dann die Minen von Nevada, Californien, Alaska, Neu-Mexiko u. a. mehr.

Noch kurz vor dem Kriege war der größte Teil Kanadas überhaupt noch nicht auf seine Bodenschätze hin untersucht worden. 1917 aber stand bereits die kanadische Kupfererzeugung an vierter Stelle in der Welt. Das neuerliche Ansteigen der Produktion in den Jahren von 1930 bis 1933 mit einem einzigen Absinken im Jahre 1932 geht auf die Erschließung neuer Läger zurück und beweist, welche unerschlossenen Reserven in diesem Lande vorhanden sind.

Mexiko nimmt Teil an den Kupfergebiet Arizonas. Die Lager sind dort reich an Kupferkies, Buntkupfererz und Kupferglanz. Weniger wichtig sind die Vorkommen in Nieder-Kalifornien mit ihren Boleo-Gruben. Die zum Teil sehr wertvollen mexikanischen Erze werden in nordamerikanischen, englischen und französischen Hütten ausgeschmolzen.

Chile ist im Verhältnis zu seiner Größe das kupferreichste Land der Erde. Trotz der vielen Erzlager hat aber Chile den nordamerikanischen Konkurrenten weichen müssen, wenngleich es noch immer an zweiter Stelle und heute dicht hinter USA steht. Wegen der ungünstigen Lage der Erze in unwegsamen Gebirgen erfordert der Bergbau viel Kapital. Die Erzlagerstätten sind die größten überhaupt bekannten mit etwa 2.12% Gehalt an Kupfer.[2] Die Kupfererzeugung der übrigen südamerikanischen Staaten beschränkt sich auf Peru und Bolivien, die heute noch nicht restlos erschlossen sind.

In Asien ist der wichtigste Produzent Japan. Die Erzeugung an Kupfer belief sich 1929 auf 75500 t und 1933 auf 68500 t.

---

2) Vgl. hierzu Adalbert Pabst: Die Stukturwandlungen der internationalen Kupferwirtschaft und das internationale Kupferkartell. Diss. Göttingen, 1932, S. 22.

Den Produktionsausweisen nach hat sich der japanische Kupfererzbergbau und die japanische Kupferhüttenindustrie als ziemlich kriesenfest erwiesen. Entsprechend der sprunghaften Entwicklung Japans in den letzten 60 Jahren hat auch der Kupferbergbau eine rasche Steigerung erfahren. Trotzdem reicht heute die Eigenerzeugung nicht aus, um den Verbrauch restlos zu decken. — Chinas Erzvorkommen werden nur unvollständig ausgebaut. Die russischen Erzlager im Ural, Sibirien und Kaukasus waren früher von Bedeutung, decken heute aber nur etw 60% der einheimischen Nachfrage.

Die afrikanische Kupfererzeugung verteilt sich auf Katanga, das im Besitz von Belgien ist, Rhodesien, das im englischen Besitz ist, und die ehemals deutschen Otavi-Minen der Otavi-Minen- und Eisenbahngesellschaft in Südwestafrika. Lange Jahre hindurch war der größte afrikanische Kupfererzeuger, der auch das Angebotsverhältnis auf dem Weltmarkt stark bestimmte, die Union minière du Haut Katanga, die im Jahre 1930 ihren Produktionshöchststand mit 138900 t erreichte. Die Erzvorräte betragen dort etwa 75 Mill. t mit einem Kupfergehalt von 7%[3]. Der Abbau geschieht im Tagebau, billige Arbeitskräfte und billiger Kraftstrom aus Wasserkräften für die Verhüttungsindustrie senken die Selbstkosten außerordentlich.

Noch größer als in Katanga sind die Erzvorräte in Nordrhodesien, wo sie auf 465 Mill. t Erz mit einem Metallgehalt von 4% geschätzt werden. Dies ergibt einen Metallvorrat von 18.75 Mill. t Kupfer gegenüber einem Vorrat von 5 Mill. t in Katanga. Erst in letzter Zeit wurde der Ausbau der rhodesischen Gruben vollendet und die Erzeugungsziffern der letzten Jahre

1929	6500 t
1930	7900 t
1931	23700 t
1932	69000 t
1933	105900 t

zeigen nur zu deutlich, welche Bedeutung diese Vorkommen für die Weltversorgung mit Kupfer haben und in Zukunft noch haben werden. Es handelt sich dabei im wesentlichen um die Kupfergruben „Roan Antelope Copper Mines Ltd" und Rhokana Corporation Ltd", die mit englischem und zum Teil auch mit amerikanischem Kapital in neuester Zeit erschlossen wurden. Dieser nordrhodesische Kupferbergbau gilt als der rentabelste der ganzen Erde. Von der Höhe der Selbstkosten dieses Bezirkes im Verhältnis zu denen der noch heute führenden Kupfergebiete hängt außerordentlich viel für die Zukunftsgestaltung der internationalen Kupferwirtschaft ab.

Gegenüber Katanga und Rhodesien stellt die Gewinnung in Otavi mit 4000 t nur eine unbedeutende Menge dar. Von Wert

3) Pabst, a. a. O., S. 24/24.

war dieses Gebiet lediglich für Deutschland, jedoch ging es durch den unglücklichen Ausgang des Weltkrieges verloren. Gegenwärtig ist die Erzförderung auf Grund der niedrigen Kupferweltmarktpreise eingestellt worden.

In Europa wird noch mit einem Kupferbergbau von Bedeutung in Spanien, im Mansfelder Gebiet, in Skandinavien und Jugoslavien betrieben. Der wichtigste europäische Erzeuger ist Spanien mit einer Produktion von 63700 t im Jahre 1929 und 44000 t im Jahre 1933. Die Bergwerksunternehmungen befinden sich im englischen Besitz. Die Erze werden vorwiegend in England und Deutschland verhüttet.

Auf die Erzeugung von Mansfeld soll im Kapitel II näher eingegangen werden. Die deutsche Kupfererzeugung rangiert in Europa nach Spanien an zweiter Stelle mit etwa 30000 t. Seit 1933 aber gewinnt der jugoslawische Erzbergbau mit einer Produktion von 40000 t stark an Bedeutung.

2. Die Welthüttenerzeugung.

In vielen Fällen liegen Kupfergewinnung und Kupferverhüttung räumlich auseinander. Eine Grube ist oft allein nicht ergiebig genug, um die Erze selbst an Ort und Stelle nutzbringend verhütten zu können, oder es fehlt auch an der Beschaffung des notwendigen Brennmaterials und der notwendigen Arbeitskräfte. Es ergibt sich daraus vielfach die Tatsache, daß selbständige Kupferhütten entstehen und Abnehmer für das Erz solcher Gruben sind.

In der Verhüttung der Erze kann man grundsätzlich vier Hauptprozesse unterscheiden: 1. die aufbereiteten Erze werden zu einem Rohstein verschmolzen, der bis zu 50% Kupfer enthalten kann; 2. dieser wird wiederum verhüttet und ergibt einen Konzentrations- oder Spurstein, der bis zu 72—78% Kupfer enthält. 3. Durch nochmaliges Schmelzen ergibt sich Rohkupfer von etwa 94—99% Kupfergehalt. 4. Um das Kupfer aber für den Verbrauch nutzbar zu machen, muß es noch einer Verfeinerung unterzogen werden. Dies geschieht entweder auf dem Wege der hüttenmännischen Raffination oder der chemischen Elektrolyse. Das Ergebnis dieser Verfeinerung ist dann entweder Raffinad — oder Elektrolytkupfer.

In Amerika erfolgt die Verarbeitung der geförderten Erze in der Regel bei den Gruben höchstens bis zur Herstellung von Konzentrationsstein oder Rohkupfer. Die einzigen Gruben, die in Amerika auch Raffinadkupfer herstellen, sind die schon erwähnte Lakeminen. Sonst wandern die Konzentrate der anderen Gruben an die großen Elektrolysen im Westen des Landes.

Da aber die Vereinigten Staaten in früheren Jahren noch sehr große Mengen von Rohkupfer einführten und im eigenen Lande zu Feinkupfer verarbeiteten, so haben wir es bei der amerikanischen Hüttenindustrie mit einer noch größeren Industrie zu tun als beim Erzbergbau. 1929 betrug der Kupfergehalt der amerikanischen Erzerzeugung 905000 t, während die Hüttenerzeugung sich für das gleiche Jahr auf 998800 t belief. Trotzdem ist die Zahl der amerikanischen Raffinerien beschränkt, was ihre Macht natürlich noch vergrößert, indem die meisten sogar mittelbaren Einfluß auf die Erzgruben ausüben. Auch in der Hüttenindustrie sind in der Nachkriegszeit strukturelle Verschiebungen eingetreten. Während 1921 USA außer ihrer eigenen Erzeugung noch fast 8% der Weltproduktion zur Verhüttung aufnahmen, waren es 1933 nur noch 6%. Ganz Amerika mit Ausnahme der Vereinigten Staaten verhüttete 1913 nur 110100 t = 10,8%, 1927 342700 t oder 22,5% und 1933 sogar 32,2% der Welterzeugung. Oder anders ausgedrückt: von der Erzförderung der amerikanischen Betriebe mit Ausnahme von USA wurden im Jahre 1913 nur 110100 t = 67,6% in eigenen Hütten verarbeitet, 1927 dagegen von 430500 t schon 338500 t = 79,6% und schließlich 1933 von 338500 t sogar 372900 t, d. h. es wird mehr Erz verhüttet als erzeugt wird. Es gelangt also eingeführtes Erz sogar noch zur Verhüttung. Auch in der Hüttenerzeugung wurde so die Vormachtstellung der Vereinigten Staaten gegenüber den anderen amerikanischen Produzenten gebrochen.

Im Vergleich zwischen Amerika und Europa in Bezug auf Bergwerks- und Hüttenerzeugung ergibt sich folgende Tatsache: 1913 betrug der Kupfergehalt der gesamten amerikanischen Erzförderung 718300 t = 72,76% der Weltproduktion. Verhüttet wurden davon 710700 t = 98,94% der eigenen Erzeugung an Erzen = 69,78% der Welthüttenproduktion. In Europa wurden in dem gleichen Jahre 131700t = 13.34% der Welterzeugung gefördert. Verhüttet wurden 193600 t = 47% mehr als die eigene und 19% der Welthüttenproduktion.

1933 betrug die Erzförderung Amerikas 550900t = 52.6% der Weltproduktion. Verhüttet wurden 583300 t = 5,8% mehr als eigene Erzeugung und 55,5% der Welthüttenerzeugung. In Europa betrug die Bergwerkserzeugung 182100 t = 17,4% der Weltproduktion an Erzen. Verhüttet wurden 194300 t = 6,6% mehr als die eigene Erzproduktion oder 18,5% der Welthüttenerzeugung. Amerika hat nach dieser Aufstellung seine Erzproduktion ungefähr immer selbst verhüttet. Vor dem Kriege aber bildete für Europa die Verhüttung von eingeführten Erzen einen namhaften Anteil an der gesamten Hüttenproduktion. Das Jahr 1933 zeigt, daß in der Nachkriegszeit dieser Anteil fast vollständig verschwunden ist. Dar-

aus aber ergibt sich mit Notwendigkeit, daß der Weltverkehr mit Kupfererzen stark abgenommen hat.

Zum Abschluß seien noch die Hüttenerzeugungszahlen für Kupfer der wichtigsten Produktionsländer angegeben:[4]

1000 metr. t	1929	1931	1933
Großbritannien	17,2	14,0	13,0
Deutschland	53,6	55,5	49,8
Jugoslawien	20,7	24,4	40,3
Japan	74,6	76,4	69,1
Belgisch-Kongo	135,5	120,0	66,6
Rhodesien	5,6	9,1	105,9
USA	998,8	537,2	244,8
Kanada	72,7	110,6	118,1
Mexiko	57,9	43,0	39,6
Chile u. a.	303,2	215,7	156,2
Welthüttenerzeugung:	1894,7	1376,1	1049,7

3. Weltkupferverbrauch.

Aus dem Dargelegten geht hervor, daß sich die Stätten der Kupfererzeugung vielfach in Ländern befinden, die selbst nur über eine gering entwickelte Industrie verfügen. Da der Verbrauch von Kupfer aber immer mehr von einer hochentwickelten Industrie abhängig geworden ist, so ergibt sich die Tatsache, daß die Stätten der Kupfererzeugung und des Kupferverbrauches nicht immer zusammenfallen. Ganz generell finden wir in allen den Ländern einen stetig steigenden Verbrauch von Kupfer, deren Industrie auf einer sehr hohen Stufe steht. Seit 1890 fallen etwa $^4/_5$ des Bedarfes allein auf die Industrie[5]. Erklärlich wird dieser hohe Verbrauch der Industrie an Kupfer durch die seit dieser Zeit einsetzende Ausweitung der Elektrizitätswirtschaft. Heute ist die Elektroindustrie der Hauptverbraucher für Kupfer, indem etwa 50% der Kupfererzeugung von ihr aufgenommen werden. Dahingegen treten Schiffsbau, Maschinen- und Fahrzeugbau, das Bauwesen und die Messingindustrie zurück. Europa mit seiner hochentwickelten Elektroindustrie wurde notwendigerweise zum größten Kupferkonsumenten. Ein typisches Beispiel für diese Entwicklung bildet Deutschland, das mit seiner hochentwickelten Elektrizitätswirtschaft auch eine beherrschende Stellung im Weltkupferverbrauch einnimmt.

Bei der Kupfererzeugung besteht die Tendenz, die Bergwerks- und Hüttenproduktion einander anzugleichen. Das Beispiel der süd- und mittelamerikanischen Kupfererzeuger Kanadas und der afrikanischen Minen geben davon ein anschauliches Bild. Umso-

4) Nach Stat. Zus. a. a. O. Jg. 35.

5) Vgl. E. Reinhardt: Die Kupferversorgung Deutschlands u. d. Entwicklung der deutschen Kupferbörsen. In „Kölner Studien zum Staats- u. Wirtschaftsleben", Bonn 1913.

mehr aber fällt das Mißverhältnis zwischen Hüttenerzeugung und Verbrauch auf. Vier Industrieländer, die Vereinigten Staaten, Deutschland, England und Frankreich, verbrauchen über $^2/_3$ der gesamten Kupfererzeugung. Allerdings haben gerade die Vereinigten Staaten in allen Jahren mehr erzeugt als verbraucht, während für 1933 zum ersten Male die Tatsache zu verzeichnen ist, daß der Verbrauch die Erzeugung überschritten hat. Ganz auffallend dagegen ist das Mißverhältnis zwischen Erzeugung und Verbrauch bei den anderen 3 genannten Ländern, wiewohl dabei England ebenfalls ausgenommen werden muß, da es seinen hohen Kupferbedarf durch seine kolonialen Kupfervorkommen, vor allem in Rhodesien, decken kann.

Bleiben wir aber bei dem uns am meisten interessierenden Beispiel von Deutschland. 1929 z. B. betrug die Erzeugung aus eigenen Erzen in Deutschland 29100 t, die Hüttenerzeugung belief sich auf 53600 t, während der Verbrauch an Rohmetall ausschließlich Vorräte und Altmaterial 216400 t ausmachte. Diese Zahlen zeigen eine Abhängigkeit Deutschlands vom Welt-Kupfermarkt, die, weil keine Möglichkeit einer Einflußnahme besteht, sich sehr verhängnisvoll auswirken kann.

Um aber nochmals auf die vorhin erwähnte Tatsache zurückzukommen, daß der Kupferverbrauch an das Vorhandensein einer entwickelten Industrie gebunden ist, so gibt dafür der Verbrauch der überseeischen Länder das beste Beispiel. So gewaltig die mittel- und südamerikanische Erz- und neuerdings auch die Hüttenerzeugung ist, so gering ist der eigentliche Verbrauch an Kupfer. Während sich die Erzeugung für 1933 auf 236900 t belief, betrug der Verbrauch ganze 5000 t. Ein ähnliches Bild gewährt Afrika, das bei einer Bergwerkserzeugung von 209600 t im Jahre 1933 und einer Hüttenerzeugung von 180900 t nur einen Verbrauch von 3000 t Kupfer aufweist.

Aehnlich verhalten sich Kanada und die anderen überseeischen Länder, für die allerdings genaue statistische Angaben schwer zu machen sind. Japan stellt dagegen ein Land mit einem steigenden Bedarf an Kupfer dar, was sich aus der Entwicklung Japans zu einem Industrieland ergibt.

Der Verbrauch der einzelnen Länder nach den statistischen Zusammenstellungen betrug von 1929—1933:

1000 metr. t	1929	1930	1931	1932	1933
Deutschland	216,4	185,8	160,1	137,2	169,9
Frankreich	143,9	131,7	112,1	93,2	108,3
Großbritannien	153,8	150,6	123,1	120,0	150,1
Oesterreich	17,1	12,3	9,7	6,4	7,2
Rußland	55,1	55,0	56,0	44,0	42,0
Italien	54,9	50,9	53,5	53,1	60,4
übriges Europa	137,5	131,8	125,4	105,8	129,0

Europa	778,7	718,1	639,9	559,7	666,9
Japan	70,4	69,0	68,9	59,0	82,5
übriges Asien	9,0	9,5	9,5	8,0	10,5
Asien	79,4	78,5	78,4	67,0	93,0
Afrika	3,5	3,0	2,5	2,5	3,0
USA	864,8	610,3	497,4	244,1	266,1
Kanada	23,0	20,0	17,5	22,0	30,0
übriges Amerika	4,5	4,5	3,0	3,0	5,0
Amerika	892,3	634,8	517,9	269,1	301,1
Australien	8,0	5,8	4,0	3,9	4,0
Weltverbrauch:	1761,9	1440,2	1242,7	902,2	1068,0

Kapitel II.

Die Kupferversorgung Deutschlands.

1. Die Rohstoffgrundlage der deutschen Kupferindustrie.

Auf das Mißverhältnis zwischen Kupfererzeugung und Kupferverbrauch in Deutschland wurde bereits hingewiesen. In keinem Land der Erde finden wir ein solches auseinanderklaffen zwischen Produktion aus eigenen Erzen und Konsumtion wie in Deutschland. Will man die Kupferversorgung Deutschlands darstellen, so muß man unterscheiden zwischen den eigenen Rohstoffquellen sowie der Erzeugung der einheimischen Hütten und dem Bedarf der Wirtschaft an zusätzlichem Kupfer verschiedenster Verarbeitungsstufen, das eingeführt werden muß.

a) Der deutsche Kupfererzbergbau.

Durch die schnelle Ausdehnung der Elektroindustrie in Deutschland gegen Ende des vorigen Jahrhunderts trat die Unmöglichkeit der Eigenversorgung mit Kupfer von Jahr zu Jahr immer klarer hervor, obwohl auch die einheimische Erzproduktion in dieser Zeit einen großen Aufschwung erfuhr. Vor allem ist hier die rasche Entfaltung des Mansfelder Bergbaues zu nennen. In den 50er Jahren ging aus staatlichem Besitz der Bergbau in Privathand über und von 1860 bis 1887 erlangte seine Erzeugung eine dauernde Steigerung. Innerhalb dieses Zeitraumes erhöhte sie sich von 1500 t auf 13325 t jährlich[1]). Der Anteil von Mansfeld an der gesamten deutschen Kupfererzeugung betrug damals schon 87%. Bis zum Jahre 1899 wurde der Abbau fortgesetzt gesteigert. Seit dieser Zeit dagegen hat sich die deutsche Kupfererzeugung nur wenig verändert. Reinhardt gibt die deutsche Kupfererzproduktion, d. h. die Gesamterzeugung von Erzen unter Miteinbeziehung der Schlacken und Abfälle folgendermaßen an:

1) Vgl. hierzu E. Reinhardt, a. a. O., S. 15.

1890 = 596100 t
1900 = 747749 t
1905 = 793488 t
1910 = 925957 t

Da man bei den deutschen Erzen mit einem Kupfergehalt von 2—3% rechnen kann, so dürfte sich der Kupferinhalt dieser Erzförderung zwischen 15000—23000 t belaufen. Die neuesten Zahlen über die Erzeugung an einheimischen Kupfererzen und der Anteil derselben am deutschen Kupferverbrauch lauten[2]):

Metallinhalt in metr. t Bergwerkserzeugung	Kupferverbrauch	Anteil der Bergwerkserzeugung am Kupferverbrauch
1913 = 26900 t	259700 t	10,4%
1925 = 23800 t	232200 t	10,3%
1929 = 29100 t	237200 t	12,2%
1933 = 31000 t	223400 t	13,9%

Ein langsames Ansteigen der Produktion ist festzustellen, das allerdings, wie nachher noch dargelegt werden soll, seine Grenzen hat. Die Erzproduktion des Jahres 1933 stellt einen Höhepunkt in der gesamten Erzeugung der letzten Jahrzehnte dar. Für 1934 wird mit einem Rückgang der deutschen Bergwerkserzeugung zu rechnen sein, der auf etwa 15% insgesamt geschätzt wird. Allein die bisher vorliegenden Ziffern für die Bergwerkserzeugung von Mansfeld zeigen einen Rückgang von 1933 = 28857 t auf 1934 22771 t, was sogar einem Absinken von 21% entspricht. Zurückzuführen ist dieser Rückgang auf die Tatsache, daß mit dem fortschreitenden Abbau nach der Tiefe zu der Kupferinhalt nachläßt, im Interesse einer Schonung der Lagerstätten aber auch geringhaltige Feldesteile abgebaut werden müssen. Der Anteil der deutschen Bergwerksproduktion an Kupfer an der Welterzeugung ist dauernd im Sinken begriffen. Er betrug im Jahre 1890 5%, 1913 sank er auf 2,7%, 1919 fiel er weiter auf 1,5%, hielt sich 1925 auf 1,5% und fiel 1929 auf 1,4%. Mit dem Jahre 1933 steigt der Anteil auf fast 3% an. Diese Steigerung darf aber nicht überschätzt werden, denn die deutsche Kupferindustrie hat ihre Produktion während der Krisen- und Depressionsjahre von 1930 ab ziemlich stabil halten, ja sogar um 1900 t = 6,5% seit 1929 steigern können. In der Welterzeugung für Kupfererze aber ist in diesen genannten Jahren ein starker Rückgang zu verzeichnen gewesen.

Der Mansfelder Kupferbergbau, der bedeutendste in Deutschland, ruht auf dem sog. Kupferschiefer. Es ist dies ein schwarzer bituminöser Mergelschiefer, der als dünne Schicht des unteren Zechsteins einen großen Teil Mitteldeutschlands durchsetzt. Man findet

2) Vgl. Stat. Zus. Jg. 35.

ihn in Schlesien und vom Ost- und Südrand des Harzes zieht er sich in das Thüringer Becken hin bis nach Saalfeld und Ilmenau sowie über die Werra- und Fuldagegend bis zum Ostrand des rheinischen Schiefergebirges und des Spessarts[3].

Bedeutungsvoll war bisher nur die Ausbeute bei Mansfeld, wo bereits seit dem Jahre 1200 die Förderung vorgenommen wird. Die Schiefer enthalten vor allem Kupferkies, Kupferglanz und Buntkupferkies. In früheren Jahren geschah der Abbau in 7 Schächten. Heute ist der Betrieb in den beiden Großschachtanlagen Wolf-Vitztumsschacht und dem kleineren Chlotildeschacht vereinigt worden. Der Wolfsschacht stellt die größte Erzschachtanlage Deutschlands und Europas dar. Nach einem Bericht in der „Metallwirtschaft"[4] wurde die Lebensdauer der 3 Hauptschächte von Mansfeld, die auch heute noch die Gesamtförderung bewältigen, auf 2 Jahrzehnte angenommen, normale Verhältnisse allerdings vorausgesetzt. Nach dieser Schätzung aber kann man den noch abbaufähigen Kupfervorrat auf etwa 400000 – 500000 t veranschlagen.

Nächst Mansfeld ist noch das Kupfererzlager im Rammelsberg bei Goslar für die deutsche Kupferförderung von Bedeutung. Es wird seit dem Jahre 968 abgebaut mit einem jährlichen Ertrag von rd. 1500 t. In den mitteldevonischen Goslarer Schiefern liegt eine 15 x 20 m mächtige Schicht von Kupfererzen, den Faltungen des Schiefers folgend[5]. Durch tektonische Vorgänge ist das Lager in zwei Teile zerrissen worden, deren einer erst 1859 entdeckt wurde. Die Erze werden in den 3 Unterharzer Gemeinschaftshütten Oker, Herzog-Julius und Frau Sophien-Hütte bei Langelsheim verschmolzen. Außer diesen Hütten bestanden noch bis 1911 die Kupferhütten in Altenau und noch bis 1909 die in Harzgerode.

Eine gewisse Aehnlichkeit mit dem Vorkommen in Mansfeld zeigt das von Frankenberg im Bezirk Kassel. Im permischen Sandstein liegen hier mehrere Schichten von sandigen Letten, deren eine von 30—35 cm Mächtigkeit als Kupferlettenflöz bezeichnet wird, und im Durchschnitt 0,57% Kupfer und 0,0013% Silber enthält[6]. Die Kupferförderung ist aber gering geblieben. Von Bedeutung ist noch die Grube bei Niedermarsberg, Reg.Bez. Arnsberg, die der Stadtberger Hütte A.-G. gehört. In den Jahren zwischen 1870 und 1880 schwankte die dortige Produktion zwischen 400—500 t jährlich, stieg um 1890 auf ungefähr 770 t und schwankt seitdem zwischen

3) Vgl. B. Katthain, Kupfererzeugung und Kupferbedarf. Diss. Greifswald. 1931. S. 63.

4) In „Deutschlands Kupferkammer", Heft 24/31.

5) W. Wiechelt, Die Beziehungen d. Rammelsberger Erzlagers zu seinem Nebengestein. 1904.

6) Katthain, a. a. O., S. 63 ff.

600 und 700 t. [7]). Von ähnlicher Bedeutung ist die südöstlich von Elberfeld-Barmen bei Wipperfürth gelegene Grube. Sie gehört der Gewerkschaft Kupferberg und ist seit 1890 wieder in Betrieb mit einer Förderung von rund 600 t. Stadtberge ist noch eine Grube, die nur Kupfererze fördert. Die geringprozentigen karbonatischen Erze lohnen eine Verhüttung nicht, haben aber den Vorteil, daß ihre Kupferverbindungen in Säuren gelöst werden können, sodaß Kupfervitriol erzeugt wird.

Bei den übrigen Fundstellen wird das Kupfer nur als Nebenprodukt erzeugt. Z. B. kommt bei den Siegerländer Erzgängen ein Spateisenstein mit Kupferkies vor. Es lohnt häufig, das Kupfererz auszusondern und dadurch ein aufbereitetes Erz mit etwa 20% Kupfergehalt zu erzielen. Während des Krieges hat man verschiedentlich versucht, die deutsche Kupfererzeugung zu erweitern. U. a. hat man stillgelegte Gruben wieder in Betrieb genommen, oder hat Gruben, die nur Kupfer als Nebenprodukt gewannen, gezwungen, das Hauptgewicht auf die Kupfergewinnung zu legen. Hinzuweisen wäre nur noch auf die uns verloren gegangenen Otavi-Erze in ehemalig Deutsch-Südwest-Afrika. Vor dem Kriege nahm besonders die größte Grube der Otavi-Minen-Gesellschaft einen befriedigenden Aufschwung, sodaß bald eine Entlastung unserer Kupferaußenbilanz hätte erwartet werden können. Die Erze wurden teilweise gleich neben den Gruben verhüttet oder aber zumindest aufbereitet und versandfertig gemacht. Heute liegt das Vorkommen des Otavi-Gebirges seit dem 1. 8. 1932 still, da man die Erzförderung des Betriebes Tsumeb wegen der unauskömmlichen Metallpreise nicht weiter geführt hat.

Im Geschäftsjahr 1931/1932 förderte die Otavi-Minen- und Eisenbahn-Gesellschaft 103500 t Erze mit einem durchschnittlichen Kupferinhalt von 13% , Bleiinhalt von 27,1% und Silberinhalt von 314 g je t. Im Geschäftsjahr 1932/33, in dem also die Stillegung erfolgte, sank die Erzeugung auf 23400 t. [8]).

b) Die Möglichkeit der Erweiterung des deutschen Kupfererzbergbaues.

Wenn man die Erzeugungsziffern des deutschen Erzbergbaues in Beziehung zu den deutschen Kupferverbrauchszahlen setzt, so ergibt sich ein Anteil der ersteren an den letzteren in Höhe von 10—13%. Also nur ein geringer Teil des deutschen Kupferbedarfes wird durch eigene Erzproduktion gedeckt. Daß die sich hieraus ergebende Abhängigkeit der deutschen kupferverarbeitenden Industrie

7) E. David, D. Kupferhüttenindustrie in „Münchener volkswirtschaftl. Studien", 123. Stck. Stuttgart/Berlin 1913. S. 44.

8) Vgl. Bericht des „Zentralverbandes d. deutschen Metall-Walzwerk- u. Hüttenindustrie E. V." aus Anlaß seines 15jährigen Bestehens. Berlin 1934. S. 10.

vom Weltkupfermarkt schon des öfteren der Anlaß zu Untersuchungen darüber war, wie dieser Abhängigkeit begegnet werden könnte, bedarf wohl kaum der Erwähnung. Tatsächlich beschäftigt man sich schon seit Jahren mit diesem Problem und gerade die Kriegszeit hat uns gezwungen, praktische Wege zu beschreiten, um die Versorgung Deutschlands mit Kupfer auch für den Notfall sicher zu stellen. Die Methoden, die in der Kriegszeit zur Anwendung kamen, sind natürlich nicht auf Friedensverhältnisse zu übertragen und ihnen gebührt im wesentlichen historischer Wert, wiewohl vieles in einem künftigen Kriegsfalle auch in ähnlicher Weise wieder gehandhabt werden würde wie es damals geschehen. Aber wir haben uns in unserer Untersuchung nicht mit dem Kriegsfall, sondern mit den gegenwärtigen Verhältnissen zu befassen, die zwar auch nicht das Beispiel für eine normale Friedenswirtschaft abgeben — denn sonst wäre keine Notwendigkeit für die vorliegende Untersuchung vorhanden — für die aber doch schließlich gewisse rechtliche und wirtschaftliche Voraussetzungen gelten, ohne die eine auf freier Initiative gegründete Wirtschaft, selbst bei starker staatlicher Einflußnahme, nun einmal nicht möglich.

Um der Abhängigkeit der deutschen Wirtschaft von der Versorgung mit Kupfer aus dem Auslande zu begegnen, sind grundsätzlich zwei Wege möglich:

1.) Man erweitert die Basis der einheimischen Kupfererzproduktion, entweder indem es gelingt, neue Lager aufzufinden oder bestehende Lager besser auszunützen, oder indem man stillgelegte Gruben wieder in Betrieb nimmt.

Ein wichtiges Hilfsmittel zur Ausbeutung früher unrentabler, weil erzarmer Gruben, ist das Aufbereitungsverfahren durch Flotation. Die Aufbereitung geschieht hierbei im Gegensatz zu den früher gebräuchlichen Trockenaufbereitungsverfahren auf nassem Wege durch Anreicherung der sulfitischen und oxydischen Kupfererze mit geringem Gehalt, sodaß sie damit für die Verhüttung nutzbar gemacht werden.

2.) Da der Bedarf der Wirtschaft an Kupfer nicht abgestellt werden kann, die Versorgung aus heimischen Erzen aber nicht oder doch nur in ungenügendem Maße möglich ist, so muß man versuchen, diesen Bedarf auf einen anderen bodenständigen Werkstoff hinzuleiten, der in vollem Maße dazu befähigt ist, gegen das Kupfer eingetauscht zu werden.

Diese zweite Frage bildet das Kernstück der vorliegenden Arbeit. Um aber an ihre Lösung zu gehen, muß zuerst die Frage unter 1) geklärt werden. Das aber soll im folgenden geschehen:

Wie sieht es mit der Möglichkeit der Erweiterung des deutschen Kupfererzbergbaues aus?

Ueber dieses Problem findet sich bis jetzt nichts Umfassendes in der Literatur. Im wesentlichen sei hier ein Vortrag von O. Eisentraut[9] herangezogen. E. ist ein guter Kenner der deutschen Erzlager, der mit besonderer Sorgfalt die Lagerstätten untersucht hat und auch solche berücksichtigt, die privatwirtschaftlich nicht bauwürdig sind. Darin liegt ein großer Vorteil, da es bei der Behandlung solcher Fragen, wie der vorliegenden, zuerst darauf ankommt, ob eine Steigerungsmöglichkeit überhaupt vorhanden ist. In zweiter Linie erst kann dann nach der Rentabilität eines etwaigen Abbaues gefragt werden. Für die folgenden Untersuchungen über die Möglichkeit eines Ersatzes des Kupfers durch andere Metalle, wie wir sie im Teil B darlegen wollen, sei grundsätzlich auf den gleichen Weg der Behandlung hingewiesen, wie er auch in der Arbeit des Deutschen Normenausschusses zum Ausdruck kommt[10]. Zuerst sind die technischen bezw. mineralogischen Möglichkeiten herauszustellen, erst dann hat es Sinn, die Rentabilitätsgesichtspunkte an das Problem heranzutragen.

Neben E. sei noch auf einen Aufsatz von H. Schneiderhöhn[11] verwiesen, der sich zum Teil an E. hält, zum Teil aber in der Frage der Steigerungsmöglichkeit über ihn hinausgeht. Wenngleich die Darstellungen dieser beiden Fachleute sehr aufschlußreich sind, so kann man doch bei einer Darstellung der Steigerungsmöglichkeit der gesamten deutschen Metallwirtschaft im Rahmen eines Aufsatzes nicht eine spezielle Behandlung des einen Metalls Kupfer verlangen.

E. geht von der Voraussetzung aus, daß die Bauwürdigkeit einer Lagerstätte vom Standpunkt der Gesamtwirtschaft aus anders zu beurteilen ist als vom Standpunkt der reinen Privatwirtschaft. Das doppelte Risiko des Erzbergbaues, das in der Lagerstätte und den dauernd schwankenden Metallpreisen liegt, hemmt die nur auf Rentabilität eingestellte Privatwirtschaft. Erschwerend kommt dann noch hinzu, daß es unmöglich ist, eine Erzgrube je nach der Lage der Konjunktur rasch still zu legen oder wieder in Betrieb zu nehmen. Vom Standpunkt der Gesamtwirtschaft aus aber sind neben dem Rentabilitätsgesichtspunkt, der keinesfalls außer Acht gelassen werden darf, noch andere Gesichtspunkte zu beachten, wie Schaffung bezw. Erhaltung von Arbeitsmöglichkeiten, Mangel an Devisen, Vermeidung völliger wirtschaftlicher Abhängigkeit vom Ausland, Verteidigungslage in einem künftigen Kriege usw.

Der Erzbedarf der deutschen Kupferhütten betrug 1929: 1 300000 t mit einem Kupfergehalt von 53000 t. Davon stammen

9) „Die Versorgung Deutschlands mit Erzen und Metallen" in „Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für Vaterländische Cultur" H. 105/1932, S. 33/60.

10) s. unten Kap. VI.

11) „Die Ausnutzungsmöglichkeit der deutschen Erzlagerstätten" in „Metallwirtschaft", Heft 9/1934.

Erze mit einem Kupfergehalt von 25000 t aus dem Ausland. Vorwiegend handelt es sich dabei um kupferhaltige Schwefelkiesabbrände. Der Kupferinhalt der deutschen Erzförderung betrug 28000 t und verteilte sich auf die Gruben der Mansfeld-A.-G., diejenigen im Harz, Niedermarsberg (Westfalen), Siegerland und Rheinland-Westfalen. Die Erzeugung von Mansfeld betrug 24500 t. Im Harz werden aus dem Rammelsberger Lager außer den Blei-Zinkerzen, die nur etwa 0,5% Kupfer enthalten, gewisse Mengen Meliterze mit 4% Kupfer und kleine Mengen reicher Kupfererze mit 14% Kupfer gewonnen. Die gesamte Bergwerkserzeugung an Kupfererzen betrug für das gleiche Jahr 1800 t. In Niedermarsberg ist das Kupfer aus dem früher ebenfalls abgebauten Zechsteinschichten ausgelaugt und auf Klüften des unterlagernden Kulmkieselschiefers abgesondert worden. Der Gehalt an Kupfer beträgt 1,6%, die Bergwerkserzeugung für 1929 = 500 t. Im Siegerland kommt Kupferkies als Begleiterz beim Spateisensteinbergbau vor. Bei den Vereinigten Stahlwerken wurden jährlich ca 600 t mitgewonnen. Auch im Rheinland-Westfalen kommen Kupferkiese als Begleiterze beim Blei-Zinkbergbau vor und werden in Höhe von etwa 600 t mitgewonnen.

Rechnet man die Produktionszahlen der einzelnen Gebiete zusammen, so ergibt sich für 1929 eine Gesamterzeugung von:

Mansfeld	24500 t
Harz	1800 t
Niedermarsberg	500 t
Siegerland	600 t
Rheinland-Westfalen . . .	600 t
	28000 t

Für eine Mehrförderung kommen nach E. in Deutschland folgende Lagerstätten in Betracht:

1.) Rammelsberg und zwar, wenn man die Förderung verdoppelt.
2.) Mansfeld, indem man den Bergbau in der benachbarten Sangerhäuser Mulde aufnimmt und evtl. auch den Kupferschiefer in einer Flotation aufbereitet.
3.) Rheinland, es gibt dort verschiedene kleine Kupfergangerzvorkommen, die kleinere Mengen Kupfererze liefern könnten.
4.) Dazu seien noch erwähnt Kupferberg in Schlesien mit Kupfererzgängen und Goldberg in Schlesien, wo sich Zechsteinmergel mit etwa 1% Kupfer findet. Schließlich das Nahegebiet und Klingenthal mit seinen kupferhaltigen Kieslagern.

E. schätzt die aus diesen genannten Lagerstätten erzielbare Erhöhung der Förderung auf 6000 t, d. h. die Inlandsversorgung

würde nur von 12 auf 15% des Kupferbedarfes gesteigert werden können. Dabei ist aber die Bauwürdigkeit in keiner Weise berücksichtigt, die gegenwärtig bei den tiefen Kupferpreisen eine ausschlaggebende Rolle spielt.

Auf die schlesischen Kupfervorkommen geht E. nochmals besonders in einem Vortrage ein[12]). Danach müßten bei einem Ausbau der deutschen Kupfererzlager vor allem die Kupferschiefervorkommen der Zechsteinformation untersucht werden, die im Mansfelder Gebiet restlos ausgenutzt, in Thüringen und Südharz nach dieser Richtung erforscht werden, in Schlesien aber bedeutungsvoll erscheinen, obwohl, der Bergbau dort völlig zum Erliegen gekommen ist. Der Aufbau des schlesischen Zechsteins ähnelt dem mitteldeutschen Zechstein. Die Kupfermergelzone bei Neukirch an der Katzbach ist etwa 3—4 m mächtig. Sie besteht aus 7 Mergelschieferschichten bei durchschnittlich 40 cm Mächtigkeit mit einem mittleren Kupfergehalt von 0,7%. Dazwischen gelagert sind 4 Kalkbänke von durchschnittlich 20 cm Mächtigkeit, die ebenfalls etwa 0,5% Kupfer enthalten. Die Bergbauversuche zwischen Neukirch an der Katzbach und Haasel reichen schon auf Jahrhunderte zurück. Auch während des Krieges hat man den Bergbau dort wieder aufleben lassen wollen, doch wurden seit dieser Zeit keine Versuche wieder gemacht. Ueber die Bedeutung des schlesischen Kupfermergels gibt E. etwa folgendes an: Eine Ausbeutung wird sich nach privatwirtschaftlichen Prinzipien nicht durchführen lassen. Die Aufbereitung der Erze hat große Schwierigkeiten ergeben, da die Flotation nur eine 60 bis 65%ige Ausnützung brachte. Es muß also noch ein billiges und wirksames Verfahren gefunden werden. Der Preis für die t Kupfer würde sich nach den Berechnungen E.'s auf etwa 1600 Rmk. stellen, der evtl. auf 1300 Rmk. gesenkt werden könnte, wenn der Kupfergehalt der Erze sich entsprechend erhöhte. Im Vergleich zu Mansfeld ist der Kupfergehalt der Haaseler Mulde nur halb so groß. Die Mächtigkeit und der Erzanfall sind dagegen doppelt so hoch, sodaß der Kupfergehalt je qm Lagerfläche der gleiche ist[12]).

Zweifellos kann das niederschlesische Kupfererzvorkommen für den Fall eines Krieges von Bedeutung sein, wo die Eigenversorgung mit Kupfer auf jede nur mögliche Weise gesteigert werden muß. Es ist aber gegenwärtig wohl kaum anzunehmen, daß man unter den geschilderten Verhältnissen an einen Abbau der Erze wird gehen wollen, da sich bei diesen Preisverhältnissen der Austausch von Kupfer durch einen einheimischen Werkstoff z. B. durch Alluminium weit billiger stellen würde.

12) Kupfererze im Zechstein Niederschlesiens. Vortrag, gehalten auf der Hauptversammlung d. Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute am 22. 9. 1934. Ersch. in „Metall u. Erz", 1935, H. 2.

In Gegensatz zu E. betont Schneiderhöhn, daß die schlesischen Kupfererzvorkommen zu gering eingeschätzt seien. Im wesentlichen denkt er dabei an die Erzgänge von Kupferberg in Schlesien sowie die kupferhaltige Mergelschiefermulde von Haasel und Goldberg in Niederschlesien. Weiterhin vermißt er, daß in den Möglichkeiten der Kupfererzsteigerung noch gar nicht eingesetzt wurde, daß das Kupferschieferbecken bis über die holländische Grenze hinausreicht. An einer ganzen Anzahl von Stellen ist ein Kupfergehalt von 1% dort schon nachgewiesen worden. Der Silbergehalt steigt sogar noch relativ höher, je weiter man nach Westen kommt, was eine Verringerung der Selbstkosten zur Folge hat. Sch. weist dann noch auf die Wichtigkeit einer systematischen Untersuchung der Metallverteilung außerhalb des Mansfelder Beckens hin. Dabei wäre es vor allem wichtig, in diesem Kupferschieferbecken bitumenarme kupferführende Schichten zu erschließen, deren Verwertungs- und Aufbereitungsmöglichkeit höher ist. Ein in dieser Hinsicht sich anders verhaltender Kupferschiefer, selbst wenn er nur 1% Cu enthielte, würde die ganze Kupfererzeugung Deutschlands verändern.

Vergleicht man die Ausführungen Sch.'s mit denen E.'s, so muten erstere weit optimistischer an. Trotzdem aber geht aus dem Gesagten klar hervor, daß eine wesentliche Steigerung der Erzproduktion zumal in einem Maße, das den deutschen Kupferbedarf in großem Umfang von der Einfuhr unabhängig machen könnte, nicht möglich ist. Es kann also grundsätzlich festgestellt werden, daß die Freimachung von der Kupfereinfuhr oder zumindest die Sicherung der deutschen Kupferversorgung und die Befreiung des deutschen Kupferbedarfes von der Abhängigkeit des Auslandes nicht durch die Verbreiterung der heimischen Erzbasis geschehen kann.

2. Die deutsche Kupferhüttenindustrie.

In der Hüttenerzeugung von Kupfer rangiert Deutschland nach den letzten Statistiken an 7. Stelle in der Welt. Die Produktion der deutschen Kupferhütten und ihr Anteil an der Welthüttenproduktion betrugen 1913 = 41500 t = 4,1%, 1929 = 53600 t = 2,8%, 1933 = 49800 t = 4,7%, 1934 = 52600 t. Der Kupferverbrauch Deutschlands für die gleichen Jahre betrug

1913 = 259700 t
1929 = 237190 t
1933 = 223400 t
1934 = 279000 t

Dabei ist die Versorgung der deutschen Wirtschaft mit Alt- und Abfallmaterial miteingerechnet. Die deutsche Hüttenerzeugung deckte also

1913 = 16,0 %
1929 = 22,6 „
1933 = 22,3 „
1934 = 15,0 „

des deutschen Kupferverbrauches. Der erhöhte Prozentsatz der Eigenhüttenerzeugung am Gesamtbedarf ist auf den Rückgang des Verbrauches an Neumetall zurückzuführen, der von 259700 t im Jahre 1913 auf 169700 t im Jahre 1933 zurückgegangen ist. 1934 stieg allerdings auf Grund der einsetzenden Wirtschaftsausweitung der Verbrauch an Neumetall wieder erheblich an. Für unsere moderne Kupferwirtschaft ist die Versorgung mit Alt- und Abfallmaterial von grundsätzlicher Bedeutung geworden. Noch 1929 betrug die aus Altmetall gewonnene Menge an Kupfer erst 20800 t, während sie 1933 auf 53500 und 1934 auf 58000 t angewachsen ist. Das Absinken des Anteils der Hüttenerzeugung aus inländischem Rohkupfer an der deutschen Kupferversorgung für 1934 soll später noch näher erörtert werden[13]. Vergleichen wir nochmals die Zahlen des Jahres 1913 mit denen von 1933 und lassen die Angaben für 1934 fort, da Abschließendes darüber noch nicht gesagt werden kann, weil sie noch nichts Endgültiges darstellen. Die Steigerung der Eigenhüttenerzeugung von 1913—1933 betrug 9000 t und der Rückgang des Rohkupferverbrauches (ohne Altkupfer) sank um 90000 t. Diese strukturellen Veränderungen in der deutschen Kupferversorgung bewirkten, daß der Anteil der Rohmetalleinfuhr an der Gesamtversorgung von 86,9% im Jahre 1913 auf 69,2% im Jahre 1933 gesunken ist. 1934 wird er wahrscheinlich 64% betragen.

Bislang wurde aber nur die Verhüttung aus eigenen oder eingeführten Erzen berücksichtigt. Wenn die deutsche Kupferhüttenindustrie in ihrer Gesamtheit dargestellt werden soll, so müssen wir auf den weitaus wichtigeren Teil der deutschen Kupferverfeinerung aus eingeführtem Rohkupfer und in- und ausländischem Altmetall noch näher eingehen. Es ist nicht alles über die deutsche Eigenversorgung mit Kupfer gesagt, wenn man den Anteil des deutschen Kupferbergbaues mit 10—13% an der deutschen Kupferversorgung und den Anteil der deutschen Erzverhüttung mit 16 bis 22% anführt. Wenn bei diesen beiden Verarbeitungsstufen zwar der Anteil der einheimischen Arbeit am größten ist, so bedeutet doch die weitere Verfeinerung des eingeführten Rohkupfers oder Altmetalls auch einen Teil der einheimischen Kupferversorgung. Bei

13) Für das Jahr 1934 liegen zu dem Zeitpunkt des Abschlusses dieser Arbeit noch keine umfassenden Statistiken vor. Lediglich über die deutsche Versorgung mit Kupfer sind bisher Angaben gemacht worden. Die Zahlen für 1934 stammen aus „Metallwirtschaft", Jg. XIV, Nr. 7, (G. Brandt: Deutschlands Metallversorgung im Jahre 1934) S. 135 ff.

der Hüttenerzeugung von rund 50000 t handelt es sich um die deutsche Rohkupferproduktion. Sofern diese aus einheimischen Erzen gespeist wird, handelt es sich um ein 100%iges deutsches Erzeugnis. Aber auch der Wertanteil deutscher Arbeit an der Verhüttung von fremden Erzen, z. B. kupferhaltigen Schwefelkiesen mit 1—2% Cu-Gehalt beläuft sich auf 75%. Bei 20—25%igen Kupferkonzentraten sind es 59%, bei Kupferstein (35—45% Cu) 43%, während bei Altmetall der Wertanteil auf 40% und bei Rohkupfer auf 25% herabsinkt. Hieraus geht klar hervor, wie wichtig es für die deutsche kupferverfeinernde Industrie, d. h. für die deutschen Kupferhütten und Raffinerien ist, sich möglichst zeitig in den Veredelungsprozeß einzuschalten.

Vor dem Kriege deckten die Vereinigten Staaten fast die gesamte Einfuhr von Kupfer. Sie betrug im Jahre 1913 87,5%. In den Jahren nach dem Kriege jedoch hat sich das Verhältnis wesentlich verändert, indem Chile wie auch die junge aufstrebende afrikanische Kupferindustrie einen maßgebenden Einfluß auf die deutsche Versorgung mit Roh- und Fertigkupfer ausübten.

Die deutsche Hüttenindustrie baut sich auf den Hütten der Mansfeld-A.G., der Norddeutschen Affinerie, Hamburg, der Kupferhütte Ertel, Bieber & Co., Hamburg, Hüttenwerke C. W. Kayser & Co., Oranienburg, Hirsch, Kupfer- & Messingwerk A.-G., Ilsenburg, Duisburger Kupferhütte, Duisburg, Hochofenwerk Lübeck A.-G., Herrenwyk, auf.

Eine bedeutende Rolle, wenn auch nicht die größte, spielt die Verhüttung der Mansfeld A.G. für Bergbau und Hüttenbetrieb in Eisleben, die mit Wirkung vom 1. 1. 1933 die Kupferbetriebe an die „Mansfeldscher Kupferschieferbergbau-A.G. Eisleben" übertragen hat. Durch diese Regelung ist die neue Gesellschaft die alleinige Empfängerin der öffentlichen Zuschüsse geworden. Das gesamte Aktienkapital der „Mansfeldscher Kupferschieferbergbau-A.G." befindet sich im Besitz der Mansfeld-A.G. für Bergbau- und Hüttenbetrieb, unterliegt aber einer vertraglich festgelegten Option durch Reich und Preußen.

Die Mansfeldscher Kupferschieferbergbau A.G. verarbeitet ihre selbstgewonnenen oder fremden Erze in der Rohschmelzhütte Krughütte bei Eisleben und Rohschmelzhütte Kochhütte bei Helbra, Rösthütte Kupferhammerhütte bei Hettstedt, Kupferhütte Gottesbelohnungshütte bei Hettstedt und Bleihütte bei Hettstedt. Das gewonnene Kupfer zeigt völlige Freiheit von Antimon, Wismut und Vanadium, wodurch seine Güte bedingt ist. Durch den Gehalt an Nickel wird es feuerfest und durch den Bleigehalt geschmeidig und dicht. Deshalb ist Mansfelder Kupfer im Maschinenbau gut verwendbar. Mit der

Verhüttung ist übrigens die Verarbeitung der abfallenden Nebenprodukte verbunden. Aus dem beim Schmelzprozeß entstehenden Schlacken, deren Aufstapelung früher viel Raum in Anspruch nahm, werden jetzt Schlackensteine hergestellt. Diese Steine finden Verwendung zu Pflastersteinen, Bord- und Türschwellen und sind wegen ihrer vorzüglichen Eigenschaften von einem großen Teil der mitteldeutschen Gemeinden zu Straßenbauten bezogen worden. Nach dem neuesten Geschäftsbericht der Mansfeld A.-G. konnte die Erzeugung von Schlackensteinen für 1934 gegenüber dem Vorjahr gesteigert werden. Die Konvertergase der Bessemerei ⟨Hettstedt⟩ werden zur Gottesbelohnungshütte in die Schwefelsäurefabrik geführt. Hier werden täglich 100 t 60%iger Säure hergestellt[14]. Beide Unternehmen haben sich heute zum finanziellen Rückgrat der Unternehmung entwickelt. Nach dem Geschäftsbericht belief sich die Kupfergewinnung der Mansfelder Hütten im Jahre 1933 auf insgesamt 28085 t gegenüber 26803 t im Vorjahr.

Erzeugt wurden

	1933	1932
a) aus Mansfelder Erzen:		
Raffinadekupfer	16191 t	16174 t
Elektrolytkupfer	8661 t	8592 t
	24852 t	24766 t
b) aus fremden Erzen usw.		
Raffinadekupfer	5 t	12 t
Elektrolytkupfer	— t	— t
	5 t	12 t
c) in Lohnarbeit		
Raffinadekupfer	3116 t	1902 t
Elektrolytkupfer	112 t	123 t
	3228 t	2025 t

Die Silbererzeugung betrug:

1932 = 137831 kg
1933 = 149600 kg
1934 = 127751 kg

Das Mansfelder Kupfer ist hüttenmännisch raffiniertes Kupfer. Rund $^1/_3$ der Produktion wurde allerdings auf elektrolytischem Wege raffiniert und zwar in Lohnarbeit in der Elektrolyse in Ilsenburg.

Neben der Mansfeld A.-G. sei in diesem Zusammenhang nur noch die größte deutsche Kupferhütte, die Norddeutsche Affinerie auf der Elbeinsel Peute bei Hamburg erwähnt. Sie verfügt über keine eigenen Gruben und verarbeitet im wesentlichen hochprozentige fremde Kupfererze und eingeführtes Rohkupfer. Es handelt sich

14) Nach einem Vortrag von Dr. Münker vor der Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute in Halle ⟨Saale⟩ am 12. 9. 1927.

dabei also um eine sog. Lohnhütte. Die Erze werden auf Grund langfristiger Verträge eingekauft und aus zahlreichen Ländern bezogen. Dabei ist aber deutlich die Tendenz zu spüren, daß die Verarbeitung von Grubenerzen immer seltener wird, weil heute faßt alle Erze aus Gründen der Fracht zunächst konzentriert oder flotiert werden. Im Bericht der norddeutschen Affinerie für 1933 wird folgendes über die Entwicklung der Versorgung mit Rohmaterial gesagt:

„Das Geschäftsjahr stand unter dem Zeichen eines sich mehr und mehr verschärfenden Kampfes um die Versorgung unserer Anlage mit Rohstoffen. Der Rückgang der Metallpreise . . . hat eine Einschränkung in der Erzerzeugung auf der ganzen Welt zur Folge gehabt. Die Verknappung führte dazu, daß die Nachfrage nach Erzen und sonstigen Verhüttungs- und Raffiniermaterial immer lebhafter wurde, und sich die Hütten mit immer niedrigeren Verarbeitungsspannen begnügen mußten. Verschlimmert wurde die Lage auf dem Erzmarkt noch dadurch, daß jede Grube das Bestreben hat, nicht Erze zu verkaufen, sondern möglichst hochwertige Produkte, am liebsten das fertige Metall selbst herzustellen. Unsere Rohstoffquellen liegen fast ausschließlich im Ausland. Wir haben also beim Einkauf unserer Erze etc. mit den ausländischen Hütten zu konkurrieren. Durch die Abwertung des Dollars und durch das weitere Nachgeben des Sterlings sind wir gegenwärtig gezwungen, allen entwerteten Schmelzlöhnen der Ausländer zu folgen. Diese außergewöhnlichen Zustände, die nichts mehr mit einem normalen Wettbewerb zu tun haben, sondern die durch mehr oder weniger willkürliche Währungsmaßnahmen verschiedener Länder hervorgerufen sind, sind eine ernste Mahnung, alles zu tun und nichts zu unterlassen um die an sich gesunden und technisch auf der Höhe stehenden deutschen Metallhütten lebensfähig zu erhalten. Wirtschaft und Staat haben ein erhebliches Interesse daran, die unentbehrlichen Metalle in einer Form einzuführen, die auf die Einheit Metall möglichst billig ist und Beschäftigung deutscher Arbeiter und Verwendung deutscher inländischer Rohstoffe bedingt. Dadurch werden wichtige Belange der Arbeitsbeschaffung und Devisenwirtschaft geschützt".

3. Die deutsche Kupfereinfuhr.

a) Die Einfuhr von Kupfererzen und Konzentraten.

Die Einfuhr von Kupfererzen ist im Vergleich zur Größe der deutschen Kupferversorgung sehr gering. Die Einfuhr von Erzen, Kupferstein und schwefelhaltigen Kiesabbränden betrug 1913: 25595 t,

1933: 240902 t und 1934: 324921 t. Der Wert der Gesamteinfuhr betrug 1933 6079000 Rmk. und 1934 5668000 Rmk.[15]. Die Haupteinfuhrländer sind Belgien, Dänemark, Finnland, Frankreich, Gr. Britannien, Niederlande, Schweden. Mit Ausnahme der Einfuhr aus Norwegen und Schweden handelt es sich um eingeführte kupferhaltige Kiesabbrände mit einem durchschnittlichen Kupfergehalt von 2—3% und einem Eisengehalt von 50—60%, die ursprünglich als Schwefelkiese in den verschiedenen Ländern bei der Herstellung von Schwefelsäure abgebrannt worden sind. Bei der Einfuhr aus Finnland und Norwegen handelt es sich dagegen um reichhaltige Kupfererze und Konzentrate.

Die Einfuhr von kupferhaltigen Schwefelkiesen, die zur Herstellung von Schwefelsäure verwendet werden, hat auch Bedeutung für die Versorgung der deutschen Kupferhütten mit Rohstoffen. Größtenteils werden die Abbrände von Schwefelkiesen als Eisenerz verwendet, nachdem der Gehalt an Kupfer oder Zink gewonnen worden ist. Die Außenhandelsstatistik trennt allerdings nicht nach kupferhaltigen und anderen Schwefelkiesen. Schätzungsweise sind rund $^2/_3$ der aus Spanien stammenden Kiese und alle aus Cypern und Norwegen eingeführte Mengen kupferhaltige Schwefelkiese. Der Metallgehalt dürfte durchschnittlich 1—2,5% Cu und 40—50% Fe sein[15]. Die Einfuhr von Schwefelkies betrug:[16]

1913 = 1025732 t
1933 = 849102 t
1934 = 987261 t

Den größten Anteil hat Spanien mit 847863 t oder 82,6% im Jahre 1913, der sich aber merklich verringert hat in den Jahren 1933 und 1934, wo er nur noch 393263 t bzw. 532660 t oder 46,3% bzw. 54,0% betrug. Als ein wichtiger Lieferant ist heute Norwegen zu nennen, dessen Anteil vor dem Kriege nur 4,8% 1933 aber 29,9% betrug. Weiterhin folgen das britische Mittelmeergebiet, Italien und Griechenland. Der Gesamtwert der Einfuhr von Erzen, einschließlich der aus Schwefelkies gewonnenen Mengen, betrug 1934 = 7,8 Mill. RM.

Abgebrannte Schwefelkiese werden in Deutschland meist auf Zementkupfer verarbeitet. Dies geschieht in der Duisburger Kupferhütte, im Hochofenwerk Lübeck und in der Kupferhütte Ertel, Bieber & Co. in Hamburg.

b) Die Einfuhr von Roh- und Fertigkupfer.

Ueber die Einfuhr und Ausfuhr von Roh- und Fertigkupfer, Hüttenerzeugung und Versorgung mit Altmetall gibt folgende Tabelle Aufschluß:[17]

15) Vgl. Monatl. Nachweis über d. auswärtigen Handel Deutschlands.
16) Nach „Zentralverband" a. a. O. S. 11.
17) Statistische Zus. Jg. 35.

in metr. t	1913	1929	1933	1934
Einfuhr von Roh- und Fertigkupfer	225400	194600	154600	*)
Ausfuhr	7400	31800	34500	
Einfuhrüberschuß	218000	162800	120100	168400
Hüttenerzeugung	41500	53600	49800	52600
Rohkupferversorgung ohne Vorräte	259500	216400	169900	221000
aus Altmetall gewonnen	—	20800	53500	58000
Verbrauch	259500	237200	223400	279000

* Angaben darüber waren z. Zt. des Abschlusses der Arbeit noch nicht vorhanden.

Die Einfuhr von Roh- und Fertigkupfer ist im Vergleich mit der Einfuhr von Erzen und Konzentraten außerordentlich groß. Die eingeführten Zahlen geben aber die Einfuhr von Rohkupfer und von Fertigmetall, das keiner weiteren Veredelung bedarf, zusammen an. Da, wie wir wissen, der Anteil deutscher Arbeit an der Verfeinerung von Rohkupfer zum fertigen Raffinad- oder Elektrolytkupfer immer noch etwa 25% vom Gesamtwert beträgt, so ist es interessant zu wissen, welcher Teil an der deutschen Kupferversorgung vollkommen eingeführt wird, also keine weitere Veredelung im Lande erfährt und zum vollen Preis vom Ausland gekauft werden muß, und welcher Teil doch noch zu 25% ein deutsches Erzeugnis darstellt. Diese Frage beantwortet folgende Aufstellung:

in metr. t	1929	%	1933	%	1934	%
Einfuhr von Fertigkupfer	117800	72,3	63100	52,5	108400	64,3
Raffinadeproduktion aus eingeführt. Rohkupfer	45000	27,7	57000	47,5	60000	35,7
Einfuhrüberschuß an Roh- und Fertigkupfer	162800		120100		168400	

Wertmäßig beträgt die Einfuhr von Rohkupfer (Zement-, Schwarz- und Blisterkupfer) für 1934 29,4 Mill. Rmk. und für Fertigkupfer 50,1 Mill. Rmk.[18]). Wie wir sahen, machte die Einfuhr von Erzen und Konzentraten nur einen Devisenaufwand von 7,8 Mill. Rmk. nötig. Die Einfuhr von Abfällen und Altmaterial, auf die noch eingegangen werden soll, kostete 1934: 13,4 Mill. Rmk. Die Einfuhr von Erzen, Abfällen, Roh- und Fertigkupfer betrug demnach 100,7 Mill. Rmk. 50% von dieser Divisenmenge wurde aber allein für die Einfuhr von Fertigkupfer verbraucht, ein knappes Drittel für die Einfuhr von Rohkupfer. Fast 80% der deutschen Kupfereinfuhr erfährt also im Inlande keine oder nur geringe Ver-

18) Nach Angaben von E. Brandt in „Metallwirtschaft" Jg. XIV, H. 13.

edelung, während die restlichen 20% durch die deutschen Hütten und Raffinerien gehen.

Gerade das Jahr 1934 hat mit seiner Ausweitung der deutschen Wirtschaft als Folge der staatlichen Arbeitsbeschaffung und der allgemein einsetzenden Wirtschaftsbelebung die Einfuhr von Fertigkupfer gesteigert. Nachdem dieser Teil der deutschen Kupfereinfuhr von 72,3% der Gesamteinfuhr im Jahre 1929 auf 52,5% im Jahre 1933 gesunken war, stieg er 1934 wieder auf 64,3% an. In einzelnen Monaten nahm die Einfuhr von Fertigkupfer einen bedrohlichen Umfang an, — z. B. im April 1934 bis zu 19300 t — der allerdings auf eine Größenordnung von 2—3000 t monatlich zurückgeführt werden konnte.

Die Einfuhr von Roh- und Fertigkupfer verteilt sich auf folgende Staaten:[19]

	1913		1933		1934	
	t	%	t	%	t	%
USA	197353	87,5	20536	13,3	49600	27,7
Brit. Südafrika			35702	23,1	45400	25,0
Belg. Kongo	76	0,0	22592	14,6	24900	14,0
Chile	72	0,0	27123	17,5	22900	13,0
Kanada	—	—	7065	4,6	9700	5,0
Belgien	5523	2,5	10161	6,6	10400	6,0
Jugoslawien	—	—	18576	12,0	8900	5,0
Schweden	1050	0,5	4889	3,1		
übrig. Länder	21318	9,5	7799	5,2	8400	4,3
insgesamt	225392	100,0	154643	100,0	180200	100,0

In der Herkunft der Kupfereinfuhr sind beträchtliche Schwankungen zu verzeichnen gewesen. Ganz generell ist in der Nachkriegszeit ein Umschwung in der Versorgung der deutschen Wirtschaft mit Kupfer eingetreten. Während im Jahre 1913 die Vereinigten Staaten 87,5% der Einfuhr bestritten und Länder wie Chile, Brit. Südafrika, Belg. Kongo und Jugoslawien meist nur verschwindende Mengen lieferten, ist in der Zeit nach dem Kriege die Vormachtstellung der Vereinigten Staaten in der deutschen Kupferversorgung nach und nach beseitigt worden. Besonders in den letzten Jahren ist durch die Inbetriebnahme der riesigen Kupfergruben und Hütten in Rhodesien die Einfuhr aus Britisch-Südafrika gestiegen, sodaß sie im Jahre 1933 unter den Einfuhrländern an erster Stelle stand. 1934 mußte allerdings Rhodesien diesen führenden Platz wieder an die Vereinigten Staaten, die ihn bislang inne gehabt hatten, abtreten.

c) Die Versorgung mit Altmetall.

Durch die Schwierigkeiten der Versorgung Deutschlands mit Kupfer während des Weltkrieges wurde die Bedeutung der Ver-

19) Die Angaben für 1913 und 1933 nach den Stat. Zus. a. a. O. Jg. 35; für 1934 waren leider nur abgerundete Werte erhältlich. Vgl. „Metallwirtschaft" Jg. XIV, H. 7.

wendung von Altstoffen eindringlichst vor Augen geführt. So gewann auch die Verwendung von Altstoffen in Deutschland nach der Kriegszeit und vor allem seit den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung, während sie vor dem Kriege kaum eine Rolle gespielt hatte. Ein äußeres Zeichen für die Bedeutung, die dieser Metallgewinnung beigemessen wird, ist die Schaffung von Statistiken. Im Jahre 1929 z. B. tauchen zum ersten Male bei den Statistischen Zusammenstellungen der Metallgesellschaft gesondert, Nachweise über die aus Altmetall gewonnenen Mengen auf.

Seit 1929 ist die Erzeugung von Kupfer aus Alt- und Abfallmaterial immer mehr gestiegen. Sie betrug:

1929 = 20800 t
1930 = 26200 t
1931 = 37000 t
1932 = 49800 t
1933 = 53500 t
1934 = 58000 t

Innerhalb von 6 Jahren hat sich damit eine Steigerung auf fast das Dreifache vollzogen. Uebrigens handelt es sich bei der Altmetallverwendung in der Hauptsache um eingeführtes Material. So betrug z. B. die Einfuhr von Alt- und Abfallmaterial aus Kupfer und Kupferlegierungen 1933 52500 t
1934 48400 t

Interessant ist es übrigens auch, daß von der Statistik die Mengen, die aus Altkupfer- und Messingabfällen in der Halbzeugindustrie sowie in den Gießereien verarbeitet werden, nicht mit enthalten sind. Die Höhe des deutschen Kupferverbrauches für 1934 betrug 279000 t. G. Brandt[20]) schätzt bei Hinzunahme dieser Mengen den deutschen Kupferverbrauch auf insgesamt 450000 t.

Der Regenerationsprozeß für Kupfer ist ziemlich einfach und das aus Altmetall gewonnene Kupfer ist in verschiedener Beziehung sogar dem Neumetall qualitativ überlegen. Allerdings liegen hierbei die Faktoren sehr verschieden. Was die Qualität des regenerierten Rohstoffes allgemein angeht, so ist bekannt, daß das aus Altmetall und zwar auch aus Legierungen und geringwertigen Rückständen gewonnene Neumetall dem aus Erzen gewonnenen Rohmetall in der Regel völlig gleichwertig ist. Eine Ausnahme bildet hier nur das Aluminium und zwar in dem Falle, wenn es gewalzt werden soll. In nicht wenigen Fällen dagegen werden hochwertige Altmetalle den Neumetallen vorgezogen und zwar dann, wenn ersteres eine fertige Qualitäts- und Legierungstype darstellt, die der Gießer erst aus neuem Metall herstellen müßte[21]).

20) Metallwirtschaft a. a. O. H. 13.

21) Vgl. Rose: Rohstoffgewinnung durch Altstoffeinfuhr in „Wirtschaftsdienst", H. 44 vom 2. 11. 1934.

d) Einfuhr von Erzen und Altmetall statt Fertigkupfer.

Im Jahre 1934 wurde eine Reihe von gesetzlichen Bestimmungen erlassen, die den Rahmen zu einer Bewirtschaftung der Metalle bilden. Auf die Gesetze selbst wird später noch näher eingegangen werden. Im Augenblick interessiert uns lediglich die Tatsache, daß es heute eine zentrale Bewirtschaftung in der Metallindustrie gibt. Zu einer planmäßigen Rohstoffbewirtschaftung mit der Zielsetzung, alle unnötige Einfuhr von Metallen oder deren Rohstoffen zu vermeiden, gehört auch eine genaue Prüfung der Einfuhr. D. h. aus dem in diesem Abschnitt dargelegten geht hervor, daß der ausschlaggebende Teil der deutschen Kupfereinfuhr aus Fertigmetall besteht oder doch aus solchem ‹Rohkupfer›, dessen Aufbereitung nur noch wenig Arbeit erfordert. Unser Bestreben aber muß sein, wenn wir schon eine konstante Menge Kupfer einführen müssen, diese möglichst in einem Zustande noch nicht zu weit vorgeschrittener Verfeinerung zu beziehen, um wenigstens die Aufbereitung des Metalls in einer möglichst frühen Stufe der Herstellung im eigenen Lande vornehmen zu können.

Die Notwendigkeit, sich möglichst zeitig in den Verfeinerungsprozeß des Kupfers einzuschalten, ist offensichtlich. Der Verwirklichung stellen sich aber Hemmnisse entgegen. Mehr noch als die Frage der Transportkosten, die selbstverständlich bei verstärkter Erzeinfuhr auch eine maßgebliche Rolle spielen, wirkt die Lage auf dem Weltmarkt diesen Tendenzen entgegen. Wie schon zitiert, lautete es im Geschäftsbericht der Norddeutschen Affinerie: „ .. daß jede Grube das Bestreben hat, nicht Erze zu verkaufen, sondern ein möglichst hochwertiges Produkt, am liebsten das fertige Metall selbst herzustellen". Eine weitere Schwierigkeit hat die Abwertung des Dollars und des englischen Pfundes mit sich gebracht. Dadurch wurden die deutschen Hütten gezwungen, den entwerteten Schmelzlöhnen der Ausländer zu folgen.

Wenden wir uns aber zur Versorgung der deutschen Wirtschaft mit Altmetall und zwar speziell mit Altkupfer und dessen Legierungen, und stellen hier die gleiche Frage, ob es volkswirtschaftlich nicht günstiger wäre, wenn man die Einfuhr dieser Materialien erweitern würde, um damit die Einfuhr von Roh- und Fertigmetallen zu verringern. Den besten Beweis bietet dafür die Steigerung der Altmetallverwendung seit 1929 und der entsprechende Rückgang der Einfuhr von Roh- und Fertigmetall. Es ist aber nicht anzunehmen, daß sich die Altmetalleinfuhr noch wesentlich steigern wird.

Bei der Verwendung von Altmetall wird übrigens der Rentabilitätsfaktor nicht unberücksichtigt gelassen. Stellt man den Wert

einer Tonne Kupfer den einer Tonne Altmetall gegenüber, so ergibt sich nach dem Preisstande von November 1934 für das erste ein Preis von 535 Rmk. und für das letztere ein solcher von 384 Rmk. Aus der Gegenüberstellung des Einheitswertes je Tonne der Einfuhr des Altstoffes und desjenigen der Einfuhr des entsprechenden primären Rohstoffes, also des Fertigkupfers, ergibt sich rein theoretisch die Devisenersparnis durch eine Regenerierung der eingeführten Altstoffe, wobei allerdings die Gewichtsverluste bei der Umarbeitung nicht berücksichtigt sind[22]).

4. Die deutsche Kupferausfuhr.

Im wesentlichen haben wir es bei der Ausfuhr von Kupfer mit der von Roh- und Fertigmetall zu tun. Eine Trennung der beiden besteht in der Statistik nicht, sodaß das Verhältnis der Ausfuhr von Roh- und Fertigkupfer nicht angegeben werden kann. Die Ausfuhr von Kupfererzen sowie von Alt- wie Abfallkupfer ist so gering, daß sie praktisch keine Rolle spielen und hier unberücksichtigt bleiben können. Die Ausfuhr von Kupfer betrug:

1913 = 7400 t
1929 = 31800 t
1933 = 34500 t
Jan./Aug. 1934 = 10400 t

Die Ausfuhr hat nach dem Kriege eine rasche Steigerung erfahren, die aber durch die Weltwirtschaftskrise und vor allem die Außenhandelsschwierigkeiten der letzten Jahre wieder aufgehoben wurde. Die Hauptausfuhrländer sind Schweden, Rußland, Tschechoslowakei, Oesterreich und England.

5. Die Versorgung Deutschlands mit Kupfer (Zusammenfassung).

Die Darstellung der deutschen Kupfererzeugung und des deutschen Kupferverbrauches zeigt uns den gewaltigen Riß, der zwischen Produktion und Konsumtion besteht. Wie kann nun ein Ausgleich erzielt werden? 3 Möglichkeiten sind grundsätzlich hier anzuführen:

1. Steigerung der einheimischen Erzproduktion,
2. Planmäßige Gestaltung der unumgänglichen Einfuhr,
3. Höchste Ausnutzung unter Verwendung von Altmetall.

Über die Steigerung der einheimischen Erzproduktion wurde gesagt, daß eine solche um höchstens 3% möglich ist, sodaß sich die Versorgung auf etwa 15% steigern könnte. Die Einfuhr von Erzen statt Roh- und Fertigkupfer eröffnet zwar Möglichkeiten, die ein überaus günstiges Bild ergeben, indem der weitaus größte Wertanteil am fertigen Kupfer im Inland erzeugt würde. Die Umstellung

22) Vgl. Wirtschaftsdienst a. a. O.

der deutschen Kupferversorgung auf die Einfuhr von Erzen und Konzentraten ist aber von vielen Faktoren abhängig, die eine genaue Untersuchung schwer zulassen. Soviel kann jedoch festgestellt werden, daß die Machtverhältnisse der Weltkupfererzeugung und die Abhängigkeit Deutschlands vom Weltkupfermarkt mit seiner geringen Möglichkeit, einen wirksamen Einfluß auszuüben, eine derartige Umstellung als nicht durchführbar erscheinen lassen. Die Verwendung von Altmetall bietet zwar zweifellos noch Möglichkeiten die Fertigkupfereinfuhr einzuschränken, jedoch können genaue Angaben darüber nicht gemacht werden.

Damit zeigt die Untersuchung, daß einer Selbstversorgung mit Kupfer praktisch enge Grenzen gesetzt sind und eine wertmäßige Verringerung der Kupfereinfuhr durch Erweiterung der Erzeinfuhr mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen hätte. Die gegenwärtige Weltwirtschaftslage zwingt aber jede Nation, die eigene Rohstoffbasis zu verbreitern und Mittel und Wege zu finden, die Abhängigkeit von der Versorgung mit lebenswichtigen Rohstoffen herabzudrücken. Kriegsverschuldung, Weltwirtschaftskrise, Arbeitslosigkeit und Währungsabwertungen der Länder zusammen mit Zollerhöhungen, Devisenbewirtschaftungen etc. haben in den letzten Jahren das feine System des Warenaustausches zwischen den Ländern, das wir schlechthin mit Weltwirtschaft und Welthandel bezeichnen, zerstört. Es hat sich gezeigt, daß durch Konferenzen und Vereinbarungen eine Aenderung der Lage nicht eingetreten ist. Die Welt muß den einmal beschrittenen Weg zu Ende gehen, um durch die dabei gemachten Erfahrungen wieder den Weg zum freien Austausch der Erzeugnisse zu finden. Mit dem raschen Vorwärtsschreiten der Technik und dem Aufschließen der riesigen überseeischen Rohstoffquellen hat die Sicherung der eigenen Rohstoffbasis nicht Schritt gehalten. So vollzog sich z. B. die Umstellung Deutschlands von einem Agrar- zu einem Industrieland im letzten Drittel des vorigen Jahrhunderts zu schnell. Die Folgen dieser überstürzten Umstellung auf einseitige Verarbeitung wirkten sich vor allem im Kriege ungünstig aus. Nicht nur die Versorgung mit industriellen Rohstoffen war in Frage gestellt, sondern auch die Ernährungsgrundlage des Volkes war ungenügend ausgebaut worden. Heute, nachdem wir noch eine Wirtschaftskrise nie gekannten Ausmaßes überwinden mußten, haben wir die Notwendigkeit der gleichmäßigen Ausbildung aller Wirtschaftskräfte eines Landes eingesehen.

Es zeigt sich aber, daß in vielen Fällen eine Selbsversorgung weder wirtschaftlich tragbar noch überhaupt tatsächlich durchführbar ist. So ähnlich liegt der Fall auch bei Kupfer. Im Kriege hat man natürlich Wege finden müssen, um den ungeheuren Kupfer-

bedarf der Kriegsindustrie zu decken. Die Mittel, die dabei angewandt wurden, sind für Kriegszeiten notwendig und durchführbar, in Friedenszeiten aber bedeutet eine solche rücksichtslose Einsparung in der Verwendung eines Metalls sowie die Zerstörung von Anlagen, um eines solchen Metalls überhaupt habhaft zu werden, Schädigungen des Wirtschaftskörpers, die nicht wieder gut zu machen sind. In den 4 Kriegsjahren hat die strenge Bewirtschaftung der Metalle und vor allem des Kupfers die deutsche Wirtschaft zurückgeworfen, da keine Möglichkeit zur Erneuerung schadhafter Anlagen etc. vorhanden war. Dabei darf aber nicht vergessen werden, daß wir durch die besetzten Gebiete, also vor allem Belgien, und den südöstlichen Kriegsschauplatz und durch unsere Bundesgenossen Österreich, Bulgarien und Türkei in die Lage versetzt waren, sowohl Alt- als auch Neumetall von außen herein zu bekommen.

Die Besetzung von Serbien durch deutsche Truppen erschloß z. B. nicht nur die serbischen Erzlager der deutschen Kriegsindustrie, sondern verband damit auch Bulgarien und die Türkei mit Deutschland und ermöglichte auf diese Weise, daß auch diese beiden Bundesgenossen mit ihren Bodenschätzen mit für Deutschland eintraten. Wenngleich die Ergiebigkeit dieser Erzlager nicht allzu bedeutend war, zumal die Gruben meist nur unvollkommen ausgebaut waren, so trugen sie doch auch ihren Teil zu der notwendigen Kupferversorgung mit bei. Anders war die Situation in Belgien, das als besetztes Gebiet mit in die deutsche Metallbewirtschaftung einbezogen wurde. Kupferbergwerke waren allerdings dort nicht vorhanden, wohl aber zwei Kupferhütten. Weit größer als die in Belgien erzeugten Neukupfermengen, waren die durch die Metallmobilisationen gewonnenen Altmetallmengen, d. h. das Metall wurde beschlagnahmt, zwangsbewirtschaftet und wenn nötig, sogar aus bestehenden Anlagen ausgebaut.

Diese Möglichkeiten einer Kupferversorgung sind natürlich heute nicht gegeben. Deshalb kann die Kupferversorgung im Kriege uns in dieser Beziehung keine Wege weisen. Aber man half sich in der Kriegszeit noch auf eine andere Weise, indem man mit Erfolg versuchte, das Kupfer zum Teil einen einheimischen Werkstoff zu ersetzen. In dieser Beziehung sind wichtige Vorarbeiten geleistet worden, auf denen heute weiter gebaut werden kann.

6. Die deutsche Devisenbilanz für Kupfer.

Fassen wir noch einmal wertmäßig alle die Einfuhrposten zusammen, die die deutsche Kupferversorgung bedingen.

Im Jahre 1934 wurden eingeführt an:

Erzen, Aschen und Schlacken für . .	7.8	Mill. Rmk.
Rohkupfer für	29.4	„ „
Alt- und Abfallkupfer für . . .	13.4	„ „
Fertigmetall für	50.1	„ „
insges.	100.7	Mill. Rmk.

Der Devisenerlös der Ausfuhr dagegen betrug:

für Erze Aschen, Schlacken und Rohkupfer .	0.4	Mill. Rmk.
„ Abfälle und Altkupfer . . .	0.0	„ „
„ Fertigmetall	6.5	„ „
insges.	6.9	Mill. Rmk.

Danach erforderte der Einfuhrüberschuß einen Devisenbedarf von 93.8 Mill. Rmk. (1933 = 85.6 Mill. Rmk.). Die Einfuhr von Kupferhalbfabrikaten und -Metallwaren betrug für 1934:

Halbfabrikate	1.2	Mill. Rmk.
Metallwaren	5.5	„ „
insges.	6.7	Mill. Rmk.

Die Ausfuhr von Halbfabrikaten, Metallwaren und Waren anderer Art aus Kupfer erbrachte einen Devisenerlös von:

Halbfabrikate	44.8	Mill. Rmk.
Metallwaren	61.3	„ „
andere Waren	34.6	„ „
insges.	140.7	Mill. Rmk.

Dazu kommt noch der Erlös der Gold- und Silbererzeugung aus eingeführten Erzen in Höhe von 18.0 Mill. Rmk.[23], sodaß der Devisenerlös insgesamt 158.7 Rmk. beträgt. Davon sind die 6.7 Mill. Rmk. für die Einfuhr von Halb- und Fertigfabrikaten abzuziehen. Als Saldo verbleibt somit ein Devisenüberschuß der Ausfuhr in Höhe von 152.0 Mill Rmk. (1933 177.5 Mill. Rmk.)

Stellen wir nun dem Devisenerlös aus der Halb- und Fertigfabrikateausfuhr in Höhe von 152.0 Mill. Rmk. den Devisenaufwand für die Erz- und Metalleinfuhr in Höhe von 93.8 Mill. Rmk. gegenüber, so ergibt sich ein Devisenüberschuß von 58.2 Mill. Rmk. (1933 — 91.9 Mill. Rmk.). Die Ausfuhr von Kupferhalbzeugen und Fertigwaren bringt also ein ganz beträchtliches Aktivum an Devisen, das allerdings 1934 im Vergleich zum Vorjahr auf Grund der ungünstigen deutschen Außenhandelslage erheblich gesunken ist. Der Rückgang beträgt 33.7 Mill. Rmk. oder 36,6%. Trotzdem ist der Überschuß an Devisen für 1934 noch nicht so stark bei Kupfer gefallen wie bei den anderen Nichteisenmetallen.

23) Nach Schätzungen der Metallgesellschaft.

Die Abhängigkeit der deutschen Kupferversorgung vom Ausland ist aber sehr groß, indem ein ausschlaggebender Teil der Einfuhr von Kupfer nach einer Verarbeitung in Deutschland zu Halbzeug oder Fertigwaren das Land wieder verläßt. Petersen[24] spricht z. B. von der gesamten Einfuhr von Fertigmetall als von einem Durchgangsposten, der eingeführt wird, aber nach inländischer Verarbeitung wieder in Form von Halbzeug- und Fertigerzeugnissen das Land verläßt. Könnte man nun den deutschen Bedarf an Kupfer soweit drosseln oder auf ein anderes Metall überleiten, dessen Rohstoffbedingungen günstiger liegen, sodaß die inländische Erzeugung ausreicht, dann würde ein Devisenbedarf nur für solche Metallmengen auftreten, die in irgend einer Form wieder ausgeführt werden. Dadurch wäre der Bedarf der deutschen Wirtschaft an Kupfer geringer geworden, die Einfuhr von Kupfer würde lediglich zu Ausfuhrzwecken vorgenommen, sodaß die Abhängigkeit der deutschen Wirtschaft von der Weltkupferversorgung weniger groß als bisher würde. Sehr richtig bemerkt hierzu Brandt[25], daß dann die Frage zu klären sei, wie weit ein Artikel, „bei dem ein Werk nur auf Ausfuhr angewiesen ist, sich in der Kalkulation tragen kann, ob es gegebenenfalls möglich ist, dieselbe Fabrikation mit zwei verschiedenen Werkstoffen für das Inland und das Ausland durchzuführen".

Zweifellos scheint die Metallbewirtschaftung daraufhin zu zielen, die Einfuhr von Kupfer für Zwecke der Bearbeitung und Ausfuhr als Halb- oder Fertigerzeugnis zu fördern, grundsätzlich aber die Verwendung von Kupfer im Inland soweit wie möglich zurückzudrängen, d. h. durch ein bodenständiges Metall auszutauschen.

Das folgende Kapitel legt grundsätzlich die Abhängigkeit der deutschen Kupferversorgung von den internationalen Preisschwankungen dar.

Kapitel III.

Kupferversorgung und Kupferpreis.

1. Die Konzentrationsbewegung in der Kupferindustrie.

Das Kupfer ist schon seit langem ein bevorzugter Gegenstand von Monopolisierungsversuchen gewesen. Die Beschaffenheit des Kupfers, sowie die Art seiner Erzeugung läßt diese Bestrebungen auch verstehen, denn zur Monopolisierung gehören 3 Faktoren: das Produkt muß von gleichmäßiger Beschaffenheit sein, das Produkt muß ein Massengut sein und die Gewinnung muß sich im Großbetrieb vollziehen können. Für den ersten Punkt gilt, daß nicht

24) Dr. Ing. Petersen: D. NE-Metalle i. Rahmen d. deutschen Volkswirtschaft. Vortrag geh. 18. 12. 1933 vor dem DHV, Frankfurt a. M.
25) Metallwirtschaft a. a. O. H. 13, 257.

zuviel Qualitätsunterschiede vorhanden sein dürfen, ein Umstand, der für jede Art Urproduktion gilt. Ebenso verstehen sich die beiden anderen Punkte für die Kupferindustrie von selbst. Die Konzernbildung in den einzelnen Ländern wurde dadurch erheblich gefördert, was wiederum einen Umstand mehr bedeutet, der eine internationale Verständigung erleichtert.

a) Die Konzerne der deutschen Kupferindustrie.

In der deutschen Kupferindustrie müssen wir 2 Gruppen unterscheiden. Die eine stützt sich auf eine eigene Erzbasis, die andere ist auf fremden Rohstoffbezug angewiesen. Die ältere ist die erste Gruppe und zu ihr haben wir zu rechnen[1]

Die Mansfeldscher Kupferschieferbergbau A.G., Eisleben, das Aktienkapital beträgt 6 Millionen Rmk., die Erzeugung 1934 = 22771 t,
die Otavi-Minen und Eisenbahngesellschaft Berlin,
das Aktienkapital beträgt 16 Millionen RM., die Erzeugung ist z. Zt. eingestellt,
Die Unterharzer Berg- und Hüttenwerke G. m. b. H., Oker,
das Aktienkapital beträgt 700000 Mk., die Produktion (1927) 2863t,
die Stadtberger Hütte A.G., Niedermarsberg,
das Aktienkapital beträgt 750000 RM., die Produktion (1927) 492 t.

Die Entstehung der zweiten Gruppe müssen wir weit später ansetzen. Sie fällt etwa in den Beginn des 19. Jahrhunderts. Infolge der günstigen Küstenlage wurde in Hamburg die Norddeutsche Affinerie angelegt. Zahlreiche Gründungen erfolgten dann vor allem im Anschluß an chemische Werke, Eisenwerke u. Werke der Weiterverarbeitung und Altmetallverwertung. Gegenwärtig umfaßt die zweite Gruppe etwa folgende Gesellschaften:

	Rmk. Akt. Kapital	Produktion t
Norddeutsche Affinerie, Hamburg	9,000 Mill.	ca 60,000 t
Kupferhütte Ertel, Bieber & Co., Hamburg	0,030 „	ca 30,000 t
Hüttenwerke C. W. Kaiser & Co., Oranienburg	4,200 „	ca 20,000 t
Hirsch, Kupfer- & Messingwerk, Ilsenburg	12,000 „	ca 10,000 t
Duisburger Kupferhütte, Duisburg	6,000 „	ca 10,000 t
Hochofenwerk Lübeck, Herrenwyk	0,012 „	ca 5000 t

Wenn wir den deutschen Kupfererzbergbau vorerst betrachten, so überragt hier vor allem der über 700 Jahre alte Mansfelder Bergbau alle anderen Gruben bei weiten. Von ihm gingen auch

1) Nach Pfeifer: Wirtschaftl. Konzentrationsformen i. d. Weltkupferindustie. Diss. Jena 1930, S. 20/21.

schon seit langem Konzentrationsbewegungen aus. Entwickelt hat er sich aus der „Mansfeldschen Kupferschiefer bauenden Gewerkschaft", die ihrerseits 1852 aus den 5 Gewerkschaften der Silberhütte, Kreuzhütte, Oberhütte, Mittelhütte und Kupferkammerhütte entstand[2]). Die Form der Gewerkschaft erwies sich aber in der Folgezeit als zu schwerfällig für einen so großen Konzern. Sie wurde deshalb im Jahre 1921 aufgelöst und die Aktien und Passiven auf die neugegründete „Mansfeld A. G. für Bergbau und Hüttenbetrieb" übertragen. Ein neuer Umbau der Mansfeld A.G. vollzog sich im Januar 1933. Die Lage des Mansfelder Kupferbergbaues war seit langem sehr schwierig, denn seit einigen Jahren wurden die bergbaulichen Betriebe der Mansfeld A.G. durch Subventionszahlungen des Reiches und Preußens erhalten, da der Staat aus staats- und wehrpolitischen Gründen ein Interesse daran hat, den Abbau der Kupfererzlager auch „beim Nichtbestehen von Rentabilitätschancen" aufrecht zu erhalten[3]). Mit dem Ende des Jahres 1932 waren die bis dahin bestehenden Subventionsverträge zwischen Preußen und Reich einerseits und der Mansfeld A.G. andererseits abgelaufen. Es war nun die Frage zu klären, in welcher Form die Weiterzahlung der Subventionen erfolgen sollte, und welche Folgerungen sich für den Aufbau der gesamten Unternehmung ergeben würden, d. h. es sollte eine Kontrolle über die Betriebe ausgeübt werden. Eine Ueberwachung der subventionierten Betriebe ist nämlich deshalb nötig, um zu verhindern, daß die der Gesellschaft angegliederten nicht sanierungsbedürftigen Glieder — Kohlenzechen, Schlackenstein- und Flaschenhütten usw. — aus der Subvention an die Mansfelder Kupfergruben auf Kosten der Konkurrenten der betreffenden Industriezweige einen ungerechtfertigten Nutzen zögen. Eine Lösung fand man darin, daß man die subventionierten Betriebe unter der Firma „Mansfeldscher Kupferschieferbergbau A.G." zusammenfaßte, die man aus dem Gesamtunternehmen ausgliederte. Das Aktienkapital von 6 Mill. Rmk. blieb zunächst im Besitze von Mansfeld, doch erhielten Reich und Preußen ein Optionsrecht auf die Aktien der Gesellschaft, das bis zum 30. Nov. 1935 ausgeübt werden muß. Der bis zum 31. März 1934 befristete Vertrag mit Reich und Preußen zwecks Fortführung der Hilfsmaßnahmen für die Mansfeldscher Kupferschieferbergbau A.G. wurde mit Mirkung vom 1. Jan. 1934 bis zum 31. März 1936 verlängert. Die bisherige Regelung, die einen Ausgleich der entstehenden Verluste durch Zuschüsse von Reich und Preußen unter Beteiligung der Mansfeld A.G. vorsieht, ist grundsätzlich beibehalten worden. Nach Beendigung

2) Vgl. A. Pabst, a. a. O. S. 34.

3) „Wirtschaftsdienst" Jg. 1932, S. 1654.

der Hilfsmaßnahmen bleiben Reich und Preußen, falls bis dahin die Option nicht ausgeübt wird, für die Dauer von 15 Jahren an den erzielten Gewinnen des Unternehmens mit 75% und nach Abdeckung der Investitionszuschüsse mit 50% beteiligt[4].

Von den übrigen Erzproduzenten hat Bedeutung nur die Otavi-Gesellschaft, die jetzt eine Gesellschaft südafrikanischen Rechtes ist. Für ihre Erze hat sie Lieferungsverträge mit den Usines de Désargentation und der Nordd. Affinerie abgeschlossen.

Die 6 deutschen Kupferhütten werden beherrscht von den Metallhandelskonzernen Aaron Hirsch & Sohn und der Metallgesellschaft. Der Hirsch-Konzern ist aus der Handelsfirma Aaron Hirsch & Sohn, Halberstadt, entstanden. Sie schuf eine Grundlage ihres Handelsgeschäftes in der Firma Hirsch, Kupfer & Messingwerke A.G, die das Messingwerk Eberswalde und die Kupferhütte Ilsenburg vereinigt. In der Inflation wurden die Hüttenwerke C. W. Kayser erworben, sowie zahlreiche Beteiligungen an Metallhalbzeug- und Fertigwarenfabriken[5]. Vor dem Kriege gliederte sich der Konzern die Elektrolyse in Crome N. J. und die Australien Copper Refinery Works in Port Kembla an[6]. Die A. E. G. gab 1928 ihre Messingerzeugung auf und übertrug sie durch eine Fabrikationsgemeinschaft auf die Hirschkupferwerke. Mit Mansfeld besteht ein Vertrag, nachdem das Mansfelder Altkupfer in der Elektrolyse in Ilsenburg raffiniert wird. Die Union Miniére du Haut Katanga ist am Hirsch-Konzern mit 22%, die Imperial Chemical Industry zu 25% beteiligt[7].

Aus dem Metallhandel ging auch der 1881 gegründete Konzern der Metallgesellschaft hervor. Mehrere Gründungen im Ausland erfolgten. Für die industriellen Interessen des Konzerns wurde 1897 als Zentralorgan die Metallurgische Gesellschaft A. G. geschaffen[8], die 1905 Wertpapiere und Beteiligungen an 18 Gesellschaften besaß, die allerdings durch den Krieg verloren gingen. 1906 erfolgte die Gründung der Berg- & Metallbank A.G., die sich 1910 mit der Metallurgischen Gesellschaft fusionierte. Von dieser war 1906 die Metallhütte Duisburg gegründet worden und sie hatte 1907 die Nordd. Affinerie in Hamburg übernommen.

In der Metallgewinnung wurden die Betriebe der 1926 fusionierten Berzelius A.G. 1925 die der Heddernheimer Kupferwerke Frankfurt a. M. übernommen. 1930 wurden letztere mit der Berg-

4) Nach Geschäftsberichten d. Mansfeldscher Kupferschieferbergbau A. G.
5) A. Pabst, a. a. O. S. 35.
6) Pfeifer, a. a. O. S. 23.
7) Pabst, a. a. O. S. 36.
8) Däbritz, 50 Jahre Metallgesellschaft, S. 110 ff.

Heckmann-Selve A.G. zu den Vereinigten Deutschen Metallwerken verschmolzen, an denen die Metallgesellschaft zu $^2/_3$ beteiligt ist[9]).

Als Aluminiumverarbeiter ist sie seit 1927 an den Vereinigten Leichtmetallwerken G. m. b. H. Bonn zusammen mit der Erftwerk A.G. und der Th. Goldschmidt A.G. beteiligt. An weiteren Beteiligungen sind zu erwähnen, die am Hochofenwerk Lübeck, an der Hans-Heinrich-Hütte in Langelsheim, am Aluminiumwerk Bitterfeld, am Elektrometallurgischen Werke Horrem und an der Ertel, Bieber & Co., Hamburg, in Gemeinschaft mit der J. G. Farbenindustrie. — 1928 fusionierte sich die Metallgesellschaft, Metallbank und Metallurgische Gesellschaft zur Metallgesellschaft A.G.

Die Konzerne der Kupferindustrie haben sich durch Ankauf alle kleineren Werke angegliedert, sodaß sich Bergbau, Hütte und Handel heute in der Hand einiger großer Konzerne befinden.

b) Die Konzerne der anderen Länder.

Die Konzerne der amerikanischen Kupferindustrie sind die „Anaconda Copper Mining Co", der Guggenheim-Konzern und die „Phelps Dodge & Co." und einige Gruppen von geringerer Bedeutung. — Gebietlich benachbart und auch gemeinsamen Ursprungs sind die Organisation der Belgischen und Britischen Metallwirtschaft der Union Minière du Haut Katanga und der British Metal Corporation[10]).

2.) Das internationale Kupferkartell.

a) Der Aufbau des internationalen Kupferkartells.

Seit 1924 waren in den Vereinigten Staaten infolge der Überproduktion der vorhergehenden Jahre die Vorräte an Kupfer dauernd gestiegen. Die Produzenten, besonders die Anaconda und die Chile Copper Co. schritten zu Produktionseinschränkungen und erreichten dadurch vorübergehend eine Verminderung der Produktion und Erhöhung der Preise. 1925 setzte infolge der Krise damals bei den europäischen Großverbrauchern ein Rückgang in der Abnahme von Kupfer ein. Kupfer lag als einziges Metall unter dem Weltmarktpreis von 1913. Die Erzeugung von Katanga stieg und drohte den Preis dauernd niedrig zu halten. Amerika suchte mit allen Mitteln seine Vormachtstellung zu behaupten. Möglich war dies nur durch die Bildung eines Monopols. Verhandlungen mit Katanga, Manipulationen an der Börse sowie Beeinflussungen der Presse sollten eine Vorbereitung für die geplante Kartellgründung vorstellen, wobei man peinlichst das eigentliche Ziel, die Preiserhöhung, verschwieg. Die Gründung des Kartells erfolgte im Mai 1926 und

9) Vgl. Pabst, a. a. O. S. 37.
10) Näheres s. A. Pabst, a. a. O. S. 29/40.

am 15. 10. desselben Jahres nahm das Kartell seine Tätigkeit auf[11]. Der Name war „Copper Exporters Incorporadet", weil eines der Hauptprogrammpunkte die Hebung der Kupferausfuhr war. Das Kartell umfaßte 32 Gesellschaften, davon allein 18 amerikanische. Verwaltung und Aufsichtsrat der Organisation befanden sich in New York. Die europäische Zentralverwaltung war in Brüssel. Geleitet wurde das Kartell hauptsächlich von den führenden Männern der amerikanischen Kupferindustrie. Obwohl das Kartell 95% der Weltproduktion erfaßte, hatten die amerikanischen Produzentengruppen die Vorherrschaft. Das waren vor allem die Anaconda Copper Mining Co, die Phelps Dodge Corp. und American Smelting and Refining Co. (Guggenheimgruppe). Unter den außeramerikanischen Gruppen standen, abgesehen von den vom amerikanischen Kapital beherrschten Gruppen wie Chile Copper Co usw., die Riotinto Co. (England) und die Union Miniere du Haut Katanga (Belgien) an der Spitze. Ferner gehörten dem Kartell ohne Stimmrecht, wie alle nichtamerikanischen Konzerne, als „Foreign associates", die deutschen, französischen, südamerikanischen, englischen und belgischen Konzerne an.

In Amerika gab es 2 Außenseiter, die Miami Copper Co und die Magma Mopper Co mit zusammen etwa 10% der amerikanischen Bergwerkproduktion (Stand von 1927). Von den wichtigeren Außenseitern ist noch Japan und die Sowjet Union zu nennen.

Die für den Absatz in Europa bestehenden Verkaufsagenturen waren

die Kupfer-Import G. m. b. H. Berlin
die Koning-Kupfer & Blei G. m. b. H. Berlin
Aaron Hirsch & Sohn, Kupfer-Import G. m. b. H.
Metallgesellschaft A.G. Frankfurt
Mansfeldscher Metallhandel A.G. Berlin

Dazu kamen noch die Societé de Cuivre et Méteaux Rares und die Henry Gardner & Co, London. Die Zentrale des Kartells war New York, die europäische Verrechnungsstelle Brüssel. Beide bestimmten täglich den Preis, zu welchem die Vertragshändler die Ware cif europäischen Hafen (englischen oder Nordseehäfen) abzugeben haben[12].

Der fob-Preis, der für die Häfen der amerikanischen Ostküste gilt, mußte zu diesem europäischen cif-Preis in einer Beziehung stehen, d. h. in einem Abstand, der durch Spesen ausgefüllt ist, wobei die Spesen durch die Organisation nicht zu niedrig zu bemessen waren. Die Preisfestsetzung in einem festen Abstand zwischen fob- und cif-Preis wurde aber nicht immer vorgenommen.

11) A. Pabst, a. a. O. S. 48 ff.
12) Marcas, Das Kupferkartell. In „Kartellrundschau" 1931, H. 1.

Wenn die Amerikaner ein Interesse hatten, ihren Export an Kupferfabrikaten auf Grund sich gerade bietender Geschäftsmöglichkeiten zu besonders günstigen Bedingungen vorzunehmen, dann erreichten sie dies dadurch, daß sie die Spanne zwischen fob- und cif-Preis zu Gunsten des einen oder anderen verschoben. Hierdurch wurde der europäischen kupferverarbeitenden Industrie die Kalkulation des Rohstoffes wesentlich erschwert. Die amerikanische verarbeitende Industrie dagegen konnte zu günstigeren Bedingungen als Konkurrent auftreten. Verschärft wurde diese Tendenz noch durch die Tatsache, daß die amerikanische verarbeitende Industrie unter dem Einfluß der Kupferproduzenten stand.

Eine Sonderstellung nahm die British Metal Corporation ein. Sie wurde bei der Gründung zwar Mitglied, trat aber im November 1926 mit der Begründung aus, die englische Regierung hätte die Genehmigung zum Beitritt versagt. Zwei Jahre später trat sie wieder bei, nahm aber nur Bindungen bezüglich des amerikanischen Elektrolytkupfers auf sich.

Das Kartell verfügte über zwei Mittel der Marktbindung: den Kartellpreis und die Absatzkontigentierung. Seit 1930 trat auch noch die Möglichkeit einer Einschränkung der Produktion hinzu. Das offizielle Programm sah folgende Ziele vor:

1. Zusammenarbeit der Erzeuger im Außenhandel zur Hebung der Kupferausfuhr aus USA
2. Stabilisierung des Kupferpreises
3. Beseitigung der Spekulation durch Ausschaltung des Zwischenhandels, direkter Verkauf an den Verbraucher.

Dazu bemerkt sehr richtig Marcus[13]), daß diese Punkte sämtlich in der Praxis nicht durchführbar waren. Die Organisation bestand schließlich nicht nur aus amerikanischen Produzenten, deshalb konnte die Hebung des amerikanischen Exportes nicht im Rahmen der Tätigkeit eines internationalen Kartells liegen. Die Stabilisierung der Preise ist nie ernsthaft beabsichtigt gewesen, wie gleich näher dargelegt werden soll. Die Ausschaltung des Zwischenhandels aber glückte nur bedingt, da das Kupfer der Außenseiter doch durch den Zwischenhandel ging.

b) Die Preispolitik des Kupferkartells.

Die Gründung des Kupferkartells fiel in eine Zeit, in der der Kupferverbrauch der Welt stark stieg. Die Fortschritte der Elektroindustrie, vor allem der Radioindustrie und der Aufstieg der Automobilindustrie schufen dauernd neue Verwendungsmöglichkeiten für Kupfer und dessen Legierungen. In den Jahren 1925–1928 reichte

13) a. a. O. S. 18.

sogar die Erzeugung nicht aus, um den Verbrauch zu decken. Die Verbrauchszunahme bis zum Jahre 1929 barg aber Gefahren in sich. Aufgabe einer verantwortlichen Kartellpolitik hätte es sein müssen, die Konjunkturunterschiede auszugleichen, wodurch der Krisenabstieg nach 1929 hätte verlangsamt werden können. Die Folge der Scheinpolitik des Kartells, d. h. der Divergenz zwischen dem bei der Gründung angegebenem Ziel und den tatsächlichen Bestrebungen, war, daß die Entwicklung der Kupferpreise seit dieser Zeit jeglicher Stetigkeit entbehrten. Früher verlief die Preiskurve für Kupfer trotz spekulativer Tätigkeit doch so, daß die höchsten und tiefsten Punkte in längeren Zeitspannen nur wenig voneinander abwichen, jetzt aber traten innerhalb weniger Monate schon ganz bedeutende Preisveränderungen auf.

Monatsdurchschnittspreise in Berlin[14]).

	1926	1929
	per kg in Rmk.	
Januar	1,335	1,597
Februar	1,352	1,701
März	1,341	2,008
April	1,323	1,908
Mai	1,315	1,711
Juni	1,319	1,706
Juli	1,335	1,708
August	1,364	1,708
September	1,354	1,711
Oktober	1,344	1,704
November	1,333	1,701
Dezember	1,303	1,699
Durchschnitt	1,335	1,739

Die Gesamterzeugung wurde in der Folge unnötig aufgebläht und die Vorräte wuchsen ständig. D. h. „die Copper Exporters Incorporated" bemühte sich einzig und allein darum, aus dem Markt herauszuholen, was herauszuholen war"[15]), Ziel des Kartells war es, die hohen Metallbestände der Londoner Metallhandelshäuser aufzukaufen, die sich auf rund 50000 t beliefen und die die Absichten des Kartells zu durchkreuzen drohten. Als dies im Oktober 1927 gelungen war, wurden die Preise rücksichtslos gesteigert. Um etwaigen Angst- und Spekulationskäufen zuvorzukommen, stellte dann das Kartell dem Markt nur geringe Quoten zur Verfügung. Die Nachfrage nach Kupfer war in dieser Zeit sehr stark, der Markt geriet „in einen Haussetaumel, wie er vorher nie dagewesen war". Am 23. März 1929 erreichte der Kartellpreis seinen Rekordstand für Elektrolytkupfer in Höhe von 2.008 Rmk. pro kg oder 24.375 cents pro lb. Damit war der Bogen überspannt. Der

14) Stat. Zus. a. a. O. Jg. 31 u. 35.

15) H. Heymann, Umbau der Weltkupferwirtschaft in „Wirtschaftskurve der Frankf. Ztg." 1932, S. 351 ff.

Londoner Markt holte zu einem Gegenstoß durch bedeutende Blankoabgaben aus, die den Standardpreis erheblich drückten. Die Industrie hatte sich in der Hausse überkauft und spürte ein dringendes Entlastungsbedürfnis. Dem Kartell verblieb keine Möglichkeit, rasch einzugreifen und der Preis begann zu sinken. Diesem Tendenzumschwung trug aber keineswegs das Kartell genügend Rechnung, setzte den Preis nur zögernd herab und hielt ihn ein Jahr lang diktatorisch aufrecht. Die Folge war ein Ansteigen der Vorräte, obwohl z. B. die führenden amerikanischen Konzerne freiwillig ihre Erzeugung bis zu 40% eingeschränkt hatten. Das Kartell war nicht in der Lage, in der Auswahl der Mittel seiner Politik eine Aenderung vorzunehmen, und suchte immer noch die Nachfrage durch Preissteigerungen anzuregen. Diese Taktik mußte gerade jetzt, wo sich die Erzeugung so vergrößert hatte und den mit Beginn der Krise zurückgehenden Verbrauch bereits überschritt, das Gegenteil vom Gewollten erreichen. 1930 setzte dann der Abstieg der Preise rapit ein, ohne daß dem Kartell die Möglichkeit einer Einflußnahme blieb.

c) Das Ende des internationalen Kupferkartells.

Der größte Erfolg der Anaconda Copper Co war es, daß sie ihren größten Gegenspieler in Amerika, die American Smelting and Refining Company Guggenheim-Konzern Kartellpartner gewann. Die Union minière du Haut Katanga stand zwar z. Zt. der Kartellgründung in der Erzeugung noch weit hinter den amerikanischen Produzenten, ihre Bedeutung aber lag in der Zukunft. Diese drei waren die führenden Gruppen im Kartell, drei Konzerne von verschiedener Prägung. Darin aber lag gerade die riesige Gefahr für den zukünftigen Stand der Organisation. Die Anaconda hatte immer ein großes Interesse an hohen Kupferpreisen, die von der Konkurrenz getragen werden mußten, während die eigenen kupferverarbeitenden Betriebe von der eigenen Rohstoffbasis versorgt werden konnten. Die Angriffe der europäischen Verbraucher richteten sich damit mehr gegen die Anaconda als gegen das Kartell[16]).

Gegenspieler der Anaconda war der Guggenheim-Konzern zusammen mit dem jüngeren Metallkonzern Phelps Dodge Corp. Katanga hat das Kartell offensichtlich nur dazu benutzt, seine Anlagen auf Grund der hohen Erlöse der Kartellpreise auszubauen. Sie hat sich nie streng an das Kartell gebunden gefühlt und auch beim Eintritt erklärt, daß irgendwelche Beschlüsse über Produktionseinschränkungen für sie keine Gültigkeit haben sollten. Daraus ergab sich dann in der Zeit der hereinbrechenden Krise die Notwendigkeit,

16) John Brech: Das Ende des internationalen Kupferkartells in „Wirtschaftsdienst" 1932, S. 1711 ff.

alle Maßnahmen über Produktionseinschränkungen mit Katanga besonders zu verhandeln.

Das Gegenspiel dieser verschiedenen Interessen brachte natürlich dauernd Spannungen, die nur mühsam von Fall zu Fall ausgeglichen werden konnten. Die Aufrechterhaltung des Kartells war schließlich nur noch eine formale Angelegenheit. Katanga ging bereits eigene Wege, als sie eine enge Zusammenarbeit mit der British Metal Corp. vornahm.

Als dann am 21. Juni 1932 in den Vereinigten Staaten ein Kupferzoll in Höhe von 4 cts je lb in Kraft trat, entschied sich das Weiterbestehen des Kupferkartells. Mit der Einführung des Zolles war die Regierung dem Wunsche der einheimischen Kupferindustrie nach Schutz vor den ausländischen Produzenten nachgekommen. Am 1. Aug. setzte Frankreich einen Metallzoll in Kraft, der durch die Vorzugsbehandlung Belgiens Katanga enger in den französischen Interessenkreis einbezog. In Ottawa wurde ebenfalls ein britischer Kupferzoll beschlossen. Diese Maßnahmen wirkten sich katastrophal auf den an sich schon bestehenden Preisdruck aus und die Kupferpreise fielen ins Bodenlose.

Index der Kupferpreise von 1914–1934[17]
(1909–1913 = 100)

Jahresdurchschnitte	London	New York
1914–1918	163	158
1919—1923	112	110
1924–1928	100	98
1929–1933	73*)	72*)
1929	130	130
1930	95	93
1931	61*)	58
1932	40*)	40
1933	38*)	39*)
Jan.–Sept. 1934	33*)	

Seit dem Bestehen des Kartells war die Preispolitik desselben heftig umstritten worden. Immer wieder gelang es, die Gegensätze auszugleichen, obgleich seit Beginn der Krise die Zweckmäßigkeit der Kartellfunktion auch vom Standpunkt des Produzenten in Frage gestellt war. Die sich ständig verschärfende Wirtschaftskrise gab seit Herbst 1931 Grund zu dauernden Verhandlungen über die Umbildung des Kartells. Eine Kupferkonferenz folgte der anderen. Mit der Einführung des amerikanischen Kupferzolls war aber die Geschichte dieser Organisation beschlossen. Es war nur mehr eine Formalität, ob eine ganze Reihe größerer Kartellmitglieder, unter anderen Katanga, offiziell ihren Austritt erklärten. Auch die deutschen Konzerne lösten sich aus dem Verband des Kartells. Damit aber hatte die Organisation praktisch aufgehört zu bestehen.

17) Stat. Jus. Jg. 35, S. XII.
*) Indices der auf der Basis der Goldwährung umgerechneten Kurse.

3. Die neuere Entwicklung der Preise auf dem Kupfermarkt.

Im Jahre 1932 erreichten der Weltkupferverbrauch mit 900000 t und die Weltkupfererzeugung mit 929000 t ihren tiefsten Stand. Aber bereits das Jahr 1933 und mehr noch das Jahr 1934 ergaben wieder höhere Verbrauchs- und Erzeugungsmengen. So stieg der Verbrauch von Kupfer 1933 auf 1068000 t und 1934 auf etwa 1400000 t[18]), während die Erzeugung für die gleichen Jahre sich auf 1050000 t und 1200000 t belief.

Obwohl in den letzten beiden Jahren sowohl Erzeugung als auch Verbrauch ganz beträchtliche Steigerungen erfahren haben, sanken die Kupferpreise unentwegt weiter. So fielen z. B. die amerikanischen Exportpreise gegenüber einem Höchststand von rd. 18.1 cts per lb im Durchschnitt des Jahres 1929 auf 4.6 Gold-cts alter Parität per lb im Durchschnitt der Monate Januar bis August 1934[19]). Ein solcher Tiefstand ist solange Kupferpreise in der Welt notiert werden, noch nicht vorgekommen. Der Index der Kupferpreise auf S. 45 hat deutlich die Minderbewertung des Kupfers in den letzten Jahren gezeigt. Vergleichen wir damit die Indices der anderen NE-Metalle und zwar Zink, Blei und Zinn, so ergibt sich:

Indices der Londoner Metallpreise (in Gold-Pfund)

Jahre	Kupfer	Zink	Blei	Zinn
1909—1913	100	100	100	100
1929	130	104	153	114
1930	95	71	119	79
1931	61	48	79	61
1932	40	41	57	55
1933	38	45	53	74
1934 (Jan.—Sept.)	33	37	46	80

Anhand dieser Aufstellung kann man ganz allgemein feststellen, daß Kupfer gegenüber den anderen angeführten NE-Metallen minderbewertet ist. Sucht man den Grund dieser Minderbewertung allein in der Höhe der Vorräte, so wird man finden, daß diese Erklärung nicht stichhaltig ist. Im folgenden sei eine Gegenüberstellung der Vorratsentwicklung bei den verschiedenen Metallen gegeben, wobei der Durchschnitt 1929—1933 = 100 gesetzt ist[19]). Es ergeben sich folgende Vorratsindices:

Jahre	Kupfer	Zink	Blei	Zinn
1929—1933	100	100	100	100
1929	73	58	60	73
1930	87	129	86	104
1931	113	120	105	133
1932	121	103	126	127
1933	106	90	122	67
Ende Aug. 1934	90	79	121	44

18) Dr. A. Dederer: Die Entwicklung des Kupfermarktes in „Der deutsche Volkswirt" Jg. 9, Nr. 14.

19) Vgl. Der deutsche Volkswirt, a. a. O.

Damit weist der Stand der Kupfervorräte im August 1934 mit der Indexziffer 90 gegenüber einen Höchststand im Jahre 1932 von 121 eine erhebliche Abnahme auf. Besonders deutlich wird diese, wenn man damit die Ziffern für Blei vergleicht. Trotzdem aber sind die Bleipreise immer noch relativ höher bemessen als die Kupferpreise. Es müssen also andere Gründe den tiefen Preisstand für Kupfer bewirkt haben.

Wie schon erwähnt, sind in den letzten Jahren eine ganze Reihe neuer Kupfererzvorkommen in der Welt in Angriff genommen worden, die mit sehr niedrigen Produktionskosten arbeiten. Hier muß auch der entscheidende Grund für das überdurchschnittliche Absinken der Preise gesucht werden. In erster Linie handelt es sich hierbei um die Kupfergruben in Rhodesien. Schätzungsweise wird die Erzeugung von Rhodesien für 1934 gleich 145 000 t betragen gegenüber einer Erzeugung der letzten Jahre von:

1931 = 9 100 t
1932 = 69 000 t
1933 = 105 900 t

Man bezeichnet heute den nordrhodesischen Kupferbergbau als den rentabelsten der Welt. Während die am billigsten arbeitende nordamerikanische Produzentengruppe, die „Nevada Consolidated Copper Co" (Guggenheim-Konzern), ihre Selbstkosten im 3. Quartal 1932 mit 8.686 cts per lb bekannt gab, betrugen die Selbstkosten für die nordrhodesische Roan Antelope Mines Ltd" für die gleiche Zeit 3.592 cts per lb[20]). Für das letzte Quartal 1932 wurden die Selbstkosten sogar mit 3.32 cts per lb angegeben, während man die Gestehungskosten der rhodesischen N'Kana Mine (Rhokana Corp) noch niedriger schätzt. Bei dem Vergleich der amerikanischen und rhodesischen Kupferselbstkostensätze muß allerdings beachtet werden, daß sich die amerikanischen Angaben auf Elektrolytkupfer, die rhodesischen aber auf Blisterkupfer beziehen. Rechnet man die Angaben der letzteren auf Elektrolytkupfer um, so ergibt sich ein Selbstkostenpreis von etwa 4 cts per lb. Hinzu kommt noch, daß in den Selbstkostenangaben der rhodesischen Grube im Gegensatz zu den amerikanischen keine Abschreibungsquote enthalten ist. Diese Quote dürfte sehr groß sein, da ja die Bergwerke erst seit kurzer Zeit in Betrieb sind. Zweifellos würde sich bei Einrechung der Abschreibungsquote das Bild weitgehend verschieben. Bei der Beurteilung der Rentabilität der rhodesischen Gesellschaften muß man aber noch von anderen Gesichtspunkten ausgehen. Die Belastung neuerschlossener Bergwerke mit Abschreibungen ist ziemlich hoch. Die Erzeugung Rhodesiens ist aber noch nicht voll ausgenützt.

20) Mitteilg. in „Der Deutsche Oekonomist" Jg. 51 (1933) S. 585.

Relativ wird dadurch die Belastung größer, sodaß sich vorläufig ein schiefes Bild ergeben würde. Sieht man daher die Selbstkosten für die amerikanische und rhodesische Kupfererzeugung für die Zukunft an, so sind die Rhodesier den Amerikanern und allen anderen Konkurrenten im voraus, da es ihnen fortschreitend gelingt, ihren Absatz von Jahr zu Jahr zu steigern.

Weiterhin arbeiten auch die chilenischen Kupfergruben sehr billig. Ihre Erzeugung ist gegenüber 1932 erheblich gestiegen und wird für 1934 auf 222000 t geschätzt[21]. (1933 - 156200 t) Stark hat sich die kanadische Kupfererzeugung in den letzten Jahren entwickelt, deren Produktionskosten allein schon aus den Erlösen der Golderzeugung der stark edelmetallhaltigen Erze gedeckt werden. Für andere kanadische Erze gilt in gleicher Weise der starke Nickelgehalt. Für 1934 schätzt man die Erzeugung auf 145000 t. Auch bei den mexikanischen und jugoslawischen Erzen spielt der Edelmetallgehalt eine bedeutende Rolle. Zu erwähnen sei noch, daß alle angeführten Gebiete zu Ländern mit abgewerteten Währungen gehören.

Für Belgisch-Kongo dürften die reduzierten Preise nicht mehr ausreichen, um die Selbstkosten zu decken. Es darf aber angenommen werden, daß der belgische Staat den Verlust aus wirtschaftspolitischen Gründen durch Zuschüsse decken wird. — USA, Japan und Rußland haben durch Kupferzölle die heimische Erzeugung vor den Einflüssen des Weltmarktes geschützt. So betragen z. B. die Kupferpreise in USA 9 cts per lb, gegenüber einem Weltmarktpreis von etwa 6.5 cts per lb[21] oder 3.8 Gold-cts alter Parität per lb.

Die Gesamterzeugung von Chile, Kanada, Rhodesien, Mexiko und Jugoslawien, die auch bei den gegenwärtigen Kupferpreisen noch mit Gewinn arbeiten, zusammen mit Belgisch-Kongo, das durch Subventionen ein auftretendes Defizit decken kann, wurde auf 700000 t für 1934 geschätzt. Diese Menge findet ihren Absatz faßt ausschließlich auf dem europäischen Markt. Es ergibt sich also der Tatbestand, daß der gegenwärtige, immer noch reduzierte Kupferverbrauch der Welt infolge der Aufschließung großer und mit niedrigen Selbstkosten arbeitender Erzvorkommen zu den Kupferpreisen, wie sie gegenwärtig bestehen, gedeckt werden kann. Die Preise beharren also auf dem Tiefstand, weil es tatsächlich möglich ist, den zurückgegangenen Kupferbedarf der Welt zu derartig niedrigen Erzeugungskosten zu decken, daß für einen Teil der Produzenden immer noch ein Gewinn verbleibt. Es kann daher selbst bei steigendem Kupferbedarf nicht sofort mit einer Steigerung der Preise gerechnet werden, da ja die Kapazität der genannten Kupferindustrien

21) Vgl. Der deutsche Volkswirt, a. a. O.

noch längst nicht voll ausgenützt ist und eine Steigerung der Erzeugung eher noch eine Verringerung der Selbstkosten bringen würde. Erst wenn der Bedarf so groß ist, daß zur Deckung auch alle bisher wegen Unrentabilität stillgelegten Gruben wieder mit herangezogen werden müssen, kann man mit einer Erhöhung der Kupferpreise rechnen.

Ueber die Möglichkeiten der Schaffung neuer internationaler Kartellabmachungen wäre zu sagen, daß wohl kaum bei den jungen Erzeugungsländern dazu Neigung bestehen wird, da man sich wahrscheinlich nicht mit den alten Erzeugungsländern über die Höhe der Preise und die Größe der Quoten wird einigen können.

4. Die Abhängigkeit der deutschen Kupferversorgung vom Weltmarkt.

Die überhöhte Preispolitik des internationalen Kupferkartells brachte der deutschen kupferverarbeitenden Industrie und letztlich dem Verbraucher von Kupferwaren eine Mehrbelastung, während der ungeheure Absturz der Kupferpreise in der Krise und die Erhaltung dieses tiefen Preisstandes durch die Erschließung billig arbeitender überseeischer Kupfergruben dem deutschen Kupferbergbau Verluste zufügte.

Betrachtet man die gegenwärtige Lage vom Standpunkt der Versorgung Deutschlands mit der notwendigen Kupfereinfuhr, so bedeutet der tiefe Preisstand und die damit verbundene Verringerung des Devisenaufwandes für die Einfuhr gegenwärtig eher einen Vorteil als einen Nachteil. Deutschland hat im Augenblick kein Interesse an einer Erhöhung der Kupferpreise, da dies sofort zu einer Erhöhung des Devisenaufwandes führen würde, der die Aufrechterhaltung der gegenwärtigen Kupfereinfuhr in Frage stellen könnte. Andererseits ist aber die starke Gefährdung der binnenländischen Kupferproduktion durch den gegenwärtigen Preisstand nicht fortzuleugnen. Es bestehen grundsätzlich zwei Wege, um dieser Gefahr zu begegnen: entweder man erhöht den Inlandspreis für Kupfer gegenüber dem Weltmarktspreis durch zollpolitische Maßnahmen und eröffnet damit der deutschen Kupfererzeugung die Möglichkeit, rentabel zu arbeiten. In diesem Falle würden direkt Verluste für den Kupferverarbeiter und Verbraucher entstehen. Selbstverständlich müßte in diesem Falle der kupferverarbeitenden Industrie für Exportzwecke Fertigkupfer zum Weltmarktpreis zur Verfügung gestellt werden[22]). Gegen eine einseitige Durchführung dieser Maßnahme ist einzuwenden, daß damit grundsätzlich gegen die bewährte Regel für jede Krisenüberwindung verstoßen würde:

22) Vgl. Der deutsche Volkswirt, a. a. O.

nämlich die Rohstoffpreise nicht zu erhöhen. Gerade die Beibehaltung bezw. Senkung der Preise für Rohstoffe hat die Gewähr für das Gelingen der Arbeitsschlacht und damit für die Ankurbelung der deutschen Wirtschaft gegeben. Im Augenblick ist es aber noch nicht an der Zeit, schon Preiserhöhungen in der Rohstoffindustrie — ganz gleich aus welchem Grunde — vorzunehmen.

Bei Senkung des Inlandpreises auf das Niveau der Weltmarktpreise kann aber der Verlustausgleich für die deutschen Gruben, Hütten und Raffinerien in voller Höhe nur durch allgemeine Steuermittel getragen werden. Damit würde die Gesamtheit der deutschen Volkswirtschaft die Lasten zu tragen haben. Dabei wird aber nicht in den Preismechanismus eingegriffen, zur Stützung der deutschen Kupferindustrie werden dagegen Mittel benutzt, die dem Staat ohnedies durch die Ausweitung des Wirtschaftskörpers zufließen, ohne daß direkt eine Erhöhung von Steuern geplant zu werden braucht.

Gegenwärtig versucht man die beiden geschilderten Wege miteinander zu verbinden. Man überhöht den Inlandspreis, aber nicht so sehr, daß für den deutschen Verbraucher in jeden Fall ein Verlust entsteht, sondern mehr, um eine Art Verbrauchsbremse für einen unerwünschten Mehrverbrauch von Kupfer zu schaffen. Damit ebnet man den Metallindustrien die Wege, die für einen etwaigen Austausch des Kupfers in Frage kommen. Ein Verlustausgleich aus öffentlichen Mitteln ist selbstverständlich dann immer noch erforderlich.

Damit wird in der wirtschaftspolitischen Praxis der Weg gewiesen, auf welche Weise man eine Drosselung der Einfuhr von Kupfer vornehmen will. Wir sahen, daß eine Erhöhung der eigenen Erzerzeugung sowie eine Erhöhung der Verwendung von Altmetall oder die Mehreinfuhr von Erzen anstelle von Fertigkupfer nur in einem beschränkten Maße möglich sind. Die Verwendung des Kupfers auf den verschiedensten Gebieten bedeutet aber keineswegs, wie man früher vielfach annahm, etwas unabänderliches. Wenngleich die riesenhafte Steigerung in der Verwendung von Kupfer und seinen Legierungen seit dem Ausgang des vorigen Jahrhunderts und zwar hauptsächlich in der Elektroindustrie eine Notwendigkeit war, da tatsächlich kein anderes Metall an seine Stelle hätte treten können, so besteht gegenwärtig dieses „Verwendungsmonopol" nicht mehr. Es ist vor allem der Ausbau und die Vervollkommnung der Leichtmetalle und damit besonders des Aluminiums und seiner Legierungen in den letzten Jahrzehnten gewesen, die die Vorherrschaft des Kupfers gebrochen hat. Da das Aluminium zu über 90% ein deutsches Erzeugnis ist, so besitzen wir in ihm ein ideales Austauschmetall für Kupfer, um durch eine Mehrverwendung von Aluminium an

dessen Stelle eine Senkung der Fertigmetalleinfuhr zu erreichen, sodaß unsere Kupfereinfuhr mehr Exportzwecken dienen kann.

Die Frage lautet jetzt für uns: welche Metalle können auf welchen Verwendungsgebieten das Kupfer vollwertig ersetzen, und würde sich ein solcher Austausch von Kupfer durch einen anderen Werkstoff auch rentabel gestalten?

Teil B:

Die Möglichkeit des Austausches von Kupfer durch andere Metalle, besonders durch Aluminium.

Einleitung.

Die Verbreiterung der deutschen Rohstoffbasis, wie sie in neuerer Zeit immer wieder gefordert wird, ist nicht nur eine Frage des Augenblicks. Ihre Verwirklichung hängt deshalb nicht einzig und allein von der gegenwärtigen Devisenlage ab. Die Aufgaben, die jetzt der deutschen Technik gestellt werden, sind vielmehr der kraftvolle Versuch, die deutsche Wirtschaft endlich davon frei zu machen, ihr Schicksal in fremde Hände geben zu müssen. Auf dem Weltmarkt regiert heute nicht mehr allein das Verhältnis von Angebot und Nachfrage. Die innen- und außenpolitischen Ziele der einzelnen Staaten, die Verschuldung aus der Kriegszeit sowie das Machtstreben der großen internationalen Rohstoffkonzerne haben in den Jahren nach dem Kriege den freien internationalen Warenaustausch und die freie Preisbildung unmöglich gemacht.

Die Notwendigkeit, auch in Zeiten der Not — mag sie aus der Divisenlage oder aus anderen Gründen erwachsen — den weitaus größten Teil der Rohstoffe aus fremden Ländern beziehen zu müssen, hat sich für das deutsche Wirtschaftsleben als verhängnisvoll erwiesen. Deshalb ist die Verbreiterung der deutschen Rohstoffbasis in erster Linie eine Frage der Selbsterhaltung, während in zweiter Linie allerdings noch das Moment der Arbeitsbeschaffung mitspricht. Mit dem Begriff „Autarkie" in der Bedeutung, den er durch die Verzeichnungen in wirtschaftspolitischen Diskussionen der letzten Jahre erhalten hat, kann man die Umstellung, die sich in Deutschland vollzieht, nicht umfassen. Als „Veredelungsland" braucht Deutschland eine Ausfuhr und ist daher gezwungen, Rohstoffe in großem Umfange einzuführen. Es genügt aber vollkommen, wenn die Rohstoffe, die der Verarbeitung zu Exportzwecken dienen, eingeführt werden, während man für den Inlandsverbrauch mehr und mehr die einheimischen Rohstoffquellen heranziehen kann. Ist aber der Ausbau eigener Rohstoffquellen nur in unvollkommenem Maße möglich, wie wir es beim Kupfer sahen, so muß an einen Ersatz des betreffenden Stoffes gedacht werden. Die Ersatzstoffrage tauchte schon einmal während der Kriegszeit auf und seitdem haftet dem Worte „Ersatz" ein übler Beigeschmack an, indem man damit zwangsläufig die Vorstellung einer Verschlechterung verbindet. Wenn

heute dieser Begriff wieder auftaucht, so ist der Verbraucher meist leicht geneigt, sich wieder das trübe Bild der Kriegszeit mit seiner unvollkommenen Rohstoffversorgung vor Augen zu führen. Darin liegt aber eine Gefahr, denn der Verbraucher soll ja die Bemühungen um den Ausbau einer genügenden Eigenversorgung durch sein Vertrauen unterstützen.

Es ist bekannt, daß Ersatzstoffe schon häufig den ursprünglichen Rohstoff verdrängt haben, weil sie sich als besser erwiesen. Es erübrigt sich, hier auf die zahlreichen Beispiele hinzuweisen, die die Geschichte in dieser Beziehung kennt. Auch in der Metallwirtschaft und speziell bei dem Problem des Ersatzes des Kupfers durch ein anderes Metall soll der Ersatz keine Verschlechterung bedeuten. Man hat deshalb heute vielfach vorgeschlagen, um allen Mißverständnissen in dieser Beziehung vorzubeugen, das Wort „Ersatz" fallen zu lassen und durch den Ausdruck „Austausch" zu ersetzen. Wenngleich durch diesen Wechsel in der begrifflichen Festlegung des Problems keine sachliche Aenderung auftritt, so mag wohl das Wort Austausch sehr gut geeignet sein, alle Erinnerungen an die Kriegszeit nicht wieder mißverständlicherweise auftauchen zu lassen. Wir werden uns daher im folgenden auch dieses Ausdruckes bedienen.

Die Erweiterung der deutschen Rohstoffbasis und die Umstellung auf einheimische Werkstoffe hat auch die Bildung von zwei Werkstoffgruppen veranlaßt, die neuerdings unter der Bezeichnung „Sparstoffe" und „Austauschstoffe" bekannt geworden sind. Unter Sparstoffen sind solche Stoffe zu verstehen, über die ein Land, infolge Devisenverknappung, wirtschaftlichen Absperrmaßnahmen usw. nicht in genügendem Maße verfügt. Mit den vorhandenen Vorräten muß daher sparsam umgegangen werden, bzw. in dem notwendigen Verbrauche dieser Werkstoffe Einsparungen vorgenommen werden. An ihre Stelle treten Austauschstoffe, welche nach der heute in Deutschland geltenden wirtschaftlichen und technischen Auffassung zumindest vollwertig sind und diese Sparstoffe auszutauschen haben.

Grundsätzlich kann hier gesagt werden, daß es einen gleichwertigen Austausch eines Rohstoffes durch einen anderen nicht gibt. Jeder Rohstoff und vor allem jedes Metall hat seine eigenen bestimmten Eigenschaften. Tauscht man daher z. B. Kupfer durch Aluminium aus, so ist es falsch zu glauben, daß nun die Verarbeitung sowie die Konstruktion der einzelnen Teile die gleiche wie bei Kupfer sein müsse. Gerade Aluminium besitzt seine ganz besondere Technologie, der genau Rechnung getragen werden muß, will man nicht Gefahr laufen, schlechte Erfahrungen zu machen. Die Umstellung auf ein anderes Metall oder allgemein auf einen

anderen Werkstoff verlangt daher ein völliges Umdenken in konstruktiver Beziehung. Damit die Qualitätsgleichheit nicht berührt wird, genügt es daher vollkommen, wenn der Austauschstoff „vollwertig" ist.

Ganz allgemein gelten für den Austausch 3 Faktoren:

1. der Austausch darf keine Verschlechterung bedeuten,
2. der Austauschstoff muß ein einheimisches Erzeugnis sein,
3. eine Steigerung der Produktion dieses Austauschstoffes muß möglich sein, um wirksam den zu ersetzenden Rohstoff vertreten zu können.

Kapitel IV:

Welche Metalle kommen für einen Austausch des Kupfers in Frage?

1. Die Eigenschaften des Kupfers.

Das Kupfer läßt sich ausgezeichnet walzen, pressen, ziehen, hämmern und in seinen Legierungen auch gießen. Ebenso ist es gut schweißbar. In vorwiegendem Maße kann Kupfer mit anderen Metallen, vor allem mit Zink, Zinn, Nickel und Aluminium Legierungen bilden. Die wichtigsten Kupferlegierungen sind Messing, Bronze, Rotguß und Neusilber. Unter den verschiedenen Metallen zeichnet sich das Kupfer durch seine gute Korrosionsbeständigkeit aus. Die Unempfindlichkeit gegenüber Korosionsangriffen findet sich auch in den verschiedenen Kupferlegierungen wieder. Sehr hoch ist die Wärmeleitfähigkeit des Kupfers und sein hervorstechendes Merkmal ist die gute elektrische Leitfähigkeit, durch die es, nach dem Silber, an der Spitze der leitfähigen Metalle steht. Will man das Kupfer durch einheimische Werkstoffe austauschen, so muß man folgende Eigenschaften beachten:

1. Elektrische Leitfähigkeit,
2. Wärmeleitfähigkeit,
3. Korosionsbeständigkeit,
4. leichte Formgebung und Bearbeitbarkeit,
5. Oberflächenbeschaffenheit und Aussehen.

Schon jetzt kann festgestellt werden, daß es unmöglich sein wird, für das Kupfer einen Ersatz durch ein anderes Metall zu finden, das es in jeder Beziehung wird vertreten können. Man muß aber versuchen, solche Werkstoffe an die Stelle des Kupfers zu setzen, deren Eigenschaften denen des Kupfers für den jeweiligen Verwendungszweck überlegen oder zumindest gleichwertig sind. Stehen bestimmte Eigenschaften des Austauschstoffes hinter denen des Kupfers zurück, so müssen andere Eigenschaften diesen Nachteil kompensieren können.

2. Die Verwendung von Kupfer und von Kupferlegierungen.

Die gute elektrische Leitfähigkeit mit 56—58 m/Ohm=qmm im Verein mit der guten Festigkeit und Formbarkeit hat die starke Verwendung des Kupfers in der Elektrotechnik bedingt. Der größte Teil unserer Freileitungen besteht aus Kupfer. Unsere sämtlichen Hausanschlüsse, Antennen für Rundfunkgeräte, ein großer Teil der Schaltanlagen haben die Verwendung von Kupfer gefordert, desgleichen spielt Kupfer für die Wicklungen von Maschinen und Umspannern eine große Rolle. Der Gewichtsanteil von Kupfer in Dynamomaschinen beträgt 10—18% je nach der Größe der Maschine. In einem 42500 kVA/Generator befinden sich 18 t Kupfer[1]. Von den insgesamt 27000 km in Deutschland verlegten Freileitungen zwischen 30 und 220 kV sind 62% aus Kupfer oder Bronze. Im Großsender Tegel sind etwa 21 t Kupfer eingebaut und jeder Volksempfänger enthält etwa 0,275 kg Kupfer, 0,200 kg Messing. Bei einer Produktion von 500000 Apparaten beträgt der Gesamtkupferinhalt rund 138 t und der Gesamtmessinginhalt 100 t. Im Fernsprechnetz der deutschen Reichspost sind ca. 2000 t Kupfer eingebaut.

Die Wärmeleitfähigkeit und leichte Formgebung des Kupfers haben seine Verwendung z. B. in Lokomotiven für Feuerbuchsen veranlaßt. In einer modernen Schnellzug=Dampflokomotive beträgt der Gehalt an Kupfer und Kupferlegierungen etwa 7 t — 8% des Leergewichtes. Davon entfallen über 4 t allein auf die Feuerbuchse. Der Kupfergehalt in elektrischen Lokomotiven beträgt etwa auch soviel. Weiterhin ist die Verwendung von Kupfer in Rohrleitungen außerordentlich groß. So z. B. für Oelleitungen im Kraftfahrzeugbau usw. Etwa 2—6% des Fahrgestellgewichtes bei Automobilen bestehen aus Kupfer und seinen Legierungen. In letzter Zeit hat man versucht, Gas= und Wasserrohre, desgleichen Radiatoren aus Kupfer herzustellen.

Die Korosionsbeständigkeit des Kupfers hat seine Verwendung für Warmwasseranlagen begünstigt. Es ist außerordentlich schwer, hiefür einen anderen vollwertigen Werkstoff zu finden. Das gleiche gilt für den Bau von Badeöfen. Auch in der Chemischen= und Nahrungsmittelindustrie ist die Verwendung von Kupfer sehr groß, wenngleich besonders im Nahrungsmittelgewerbe seine Verwendung nur unter Beachtung genauer Vorsichtsmaßregeln geschehen kann. Sehr alt ist die Dachbedeckung durch Kupfer, obwohl hier auch andere Metalle sich mit Erfolg durchgesetzt haben.

Die Verwendung der wichtigsten Kupferlegierung, des Messings, ist ebenfalls sehr bedeutend. Wir finden Messing viel an Beschlägen, so bei Tür= und Fenstergriffen, Schaufenstereinfassungen, Möbelbeschlägen, Garderobehaken. Wir finden Messing in der

1) Nach Mitteilg. des Deutschen Kupferinstituts E.V. auf der Ausstellung „Deutsches Volk — Deutsche Arbeit" Berlin 1934.

Optik, Feinmechanik und Uhrenindustrie, desgleichen in der Installation und im Lampenbau, im Schiffbau und im Fahrzeugbau.

3. Die verschiedenen Austauschstoffe für Kupfer und Messing.

Schon im Kriege sind speziell für den Austausch von Kupfer Versuche unternommen worden. Vielfach waren diese aber von geringem Erfolg oder wiesen Mängel der Ersatzmetalle auf, sodaß beim Austausch sich große Qualitätsverschlechterungen zeigten. Man hat z. B. das Kupfer während des Krieges in den Installationsleitungen durch Eisen und Zink ersetzen wollen. Im Voraus kann schon gesagt werden, daß für Installationsleitungen bis jetzt noch kein anderer brauchbarer Werkstoff als Kupfer gefunden worden ist. Demgemäß waren auch die Erfahrungen mit den erwähnten Materialien schlecht, da sehr viele Drahtbrüche entstanden und ausserdem die elektrische Leitfähigkeit dieser Metalle zu gering war. Von ähnlichen Mißerfolgen waren z. B. die Versuche mit verzinktem Eisenblech zur Dachbedeckung begleitet. Dieses Material hielt den atmosphärischen Einflüssen, hauptsächlich in Industriegegenden, wo ja Metaildächer hauptsächlich in Frage kommen, nicht Stand. Desgleichen ergab die Verwendung von eisernen Rohren für Warmwasseranlagen schlechte Ergebnisse, da die Rohre oxydierten.

Von Vorteil waren die Versuche des Ersatzes kupferner Feuerbuchsen durch stählerne bezw. eiserne. Die neueren Versuche der Reichsbahn mit eisernen Feuerbuchsen haben ein befriedigendes Ergebnis gezeitigt, sodaß mit ihrer Einführung in absehbarer Zeit gerechnet werden kann.

Besonders für den Austausch von Messing haben sich neuerdings eine Reihe von Stoffen herausgebildet, die dazu im hohem Maße befähigt sind. Einesteils sind es die keramischen Baustoffe, die an Waschtischen und Waschbecken die Messingarmaturen ersetzen können. Auch für Beleuchtungskörper haben sich diese Stoffe schon durchgesetzt. Andernteils sind es Kunststoffe, die besonders in haustechnischen Einrichtungen das Messing ersetzen können. So werden Beschläge und Griffe im Preßverfahren hergestellt. Ein großer Teil der Lampenkörper, insbesondere Tischlampen, Namensschilder u. a. werden aus diesen Kunststoffen verfertigt und bilden einen vollwertigen Ersatz für Messing.

Es liegt nicht im Rahmen dieser Arbeit, diese sehr interessanten Fragen näher zu behandeln. Die angeführten Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, wieviel Erfahrungen bereits vorliegen, die sich auf einen Austausch des Kupfers durch einheimische Werkstoffe beziehen. Alle die hier angeführten Stoffe können das Kupfer aber nur in einem speziellen Fall, höchstens in wenigen Fällen, wirklich vollwertig ersetzen. Wir besitzen aber in Deutschland ein

Metall, das man mit gutem Gewissen als einheimisches bezeichnen kann und das in ungleich höherem Maße in der Lage ist, als Austausch für Kupfer herangezogen zu werden: das Aluminium. Im Kriege sind mit diesem Werkstoff schon viele Versuche in der genannten Beziehung vorgenommen worden. Dieses Leichtmetall hat in verhältnismäßig kurzer Zeit sich neben den Schwermetallen einen Platz erobert und sogar in Gebieten Eingang gefunden, die für andere Metalle gar nicht zugängig gewesen wären. ⟨Flugwesen⟩.

4. Austausch durch Aluminium.

Nachdem im Kriege die Frage des Ersatzes des Kupfers durch Aluminium schon eine Rolle gespielt hatte, versuchte man in der Nachkriegszeit die angefangene Entwicklung fortzusetzen. Diesen Bemühungen war aber kein Erfolg beschieden, da es der niedergebrochenen Nachkriegswirtschaft an Kraft für eine solche Umstellung fehlte. Zum anderen aber konnte speziell in dem vorliegenden Falle auch die technische Entwicklung noch nicht befriedigende Resultate liefern, insofern als der Reinheitsgehalt des Aluminiums besonders des Altaluminiums, das in großen Mengen nach Kriegsende auf den Markt kam noch sehr zu wünschen übrig ließ und auch die Legierungstechnik noch nicht ihren Höhepunkt erreicht hatte.

So trat auch in der Nachkriegszeit ein merklicher Stillstand und zwar speziell in Deutschland ein. Die projektierten Aluminium-Freileitungen u. a. wurden nicht gebaut, da man infolge ungenügender Reinheit des Werkstoffes zuerst schlechte Erfahrungen gemacht hatte. Im Ausland, speziell in der Schweiz, aber auch in USA, Frankreich und England, verlief die Entwicklung stetiger und wir können heute noch von diesen Ländern lernen.

Erst um das Jahr 1929 erschien das Problem Kupfer oder Aluminium wieder in allgemeinwirtschaftlichen oder privatwirtschaftlichen Diskussionen. Damals zog man die größeren Erfahrungen der Technik zum Vergleich heran, um die Möglichkeit eines Ersatzes des Kupfers durch Aluminium zu untersuchen. Aber welcher Unterschied lag zwischen den damaligen Diskussionen und den heutigen Notwendigkeiten! Die Politik des internationalen Kupferkartells, die damals die Preise für Kupfer unnatürlich in die Höhe schraubte, um sich eine Monopolrente zu sichern, sodaß zeitweilig der Kupferpreis noch über dem Aluminiumpreis zu stehen kam, war der Ausgangspunkt der Erörterungen. Alle Berechnungen fußten lediglich auf diesen willkürlichen Preismanipulationen des Kupferkartells und ließen alle gesamtwirtschaftlichen Erwägungen völlig außer acht. Es ist klar, daß diese Erörterungen zur Bedeutungslosigkeit verurteilt sein mußten, denn welcher Unternehmer wird auf Grund konjunkturell oder mehr noch spekulativ bedingter

Preisbewegungen eine entscheidende Umstellung seines Betriebes vornehmen mit der zweifelhaften Aussicht, für unbestimmte, kurze Zeit an einer willkürlichen und ungesunden Preisspanne zu profitieren?

Wenn wir heute wieder die Frage des Ersatzes behandeln, so geschieht es von einer anderen, höher geordneten Ebene, von der Rohstoffrage aus, auf der jede Wirtschaft folgerichtig aufbauen muß und deren Erwähnung man in den genannten Erörterungen fast völlig vermißt. Deshalb ist die Erweiterung der deutschen Rohstoffbasis erst in zweiter Linie ein Preisproblem, in erster Linie aber ein Problem der tatsächlichen Verwirklichungsmöglichkeit. Unsere Aufgabe ist es, die technischen Erfahrungen, die in hinreichender Anzahl vorliegen, zu sammeln und zu sichten. Dann sehen wir auch die Grenzen, die sich für den Ersatz ergeben.

Trotzdem wäre es falsch, zu glauben, daß sich die vorliegende Untersuchung jenseits der Frage der Kosten abwickeln soll. Festgestellt soll lediglich werden, daß die Verwirklichungsmöglichkeit das Primäre, die Kostenfrage das Sekundäre sein muß. D. h. der große volkswirtschaftliche Leitgedanke steht an erster Stelle und erst in zweiter Linie können die privatwirtschaftlichen Belange berücksichtigt werden.

Tatsächlich ist das Obwalten dieser Gesichtspunkte im vorliegenden Falle praktisch dadurch erleichtert, ja schon ermöglicht, daß die einzelnen industriellen Unternehmen dieser beiden Zweige der Metallwirtschaft nur in geringem Maße rein privatwirtschaftliche Unternehmen sind, sondern solche, in die der Staat schon eine erhebliche Einflußnahme besitzt. Um so leichter wird es ihm daher möglich sein, sie zu Instrumenten seiner Wirtschaftspolitik zu machen.

5. Die Eigenschaften des Aluminiums.

Um uns Klarheit über die vielseitige Verwendungsmöglichkeit des Aluminiums zu verschaffen, müssen wir uns die besonderen Eigenschaften dieses Leichtmetalls vor Augen führen. Seine bekannteste ist das geringe spezifische Gewicht von nur 2.7 gegenüber Eisen von 7.8 und Kupfer von 8.89. So beträgt also z. B. die Gewichtsersparnis bei Aluminium gegenüber dem gleichen Volumen Kupfer ca $^2/_3$. Das Wärmeleitvermögen des Aluminiums beträgt etwa das $3^1/_2$ fache wie das des Eisens. Die elektrische Leitfähigkeit des Aluminiums ist geringer als die der besten elektrischen Leiter (Silber und Kupfer). Sie beträgt aber ungefähr $^2/_3$ von der des Kupfers und rangiert somit nach Silber und Kupfer vor allen anderen Leitmetallen.

Elektrische Leitfähigkeit m/Ohm . qmm	Aluminium	Kupfer
hart	35.2	57.0
weich	36.0	58.0

Festigkeit und Härte von Reinaluminium sind verhältnismäßig gering, aber es besteht die Möglichkeit, durch geringe Legierungszusätze die mechanischen Eigenschaften auf ein mehrfaches zu steigern. Dabei spielen Wärmebehandlung und Knetung eine große Rolle, sodaß Festigkeiten erreicht werden können, die hinter denen von Flußeisen und Siemens-Martin-Stahl nicht zurückstehen. Ebenso kann man die Zerreißfähigkeit auf diese Weise bis auf etwa das 6fache erhöhen.

Weiterhin ist von Wichtigkeit die hohe Korrosionsbeständigkeit des Aluminiums, die mit dem höheren Reinheitsgehalt zunimmt. Bei gewöhnlicher Temperatur bildet sich nämlich unter der Einwirkung des Sauerstoffs der Atmosphäre beim Aluminium eine sehr dünne, unsichtbare, aber ausgezeichnet deckende Oxydhaut. Ihre Dicke beträgt etwa 30 Atomschichten = 1/100000 mm²). Diese Oxydschicht haftet fest auf dem Metall und ist absolut undurchlässig, sodaß sie gegen Angriffe einen wirksamen Schutz bietet. Dadurch ist das Metall sehr beständig gegenüber den Einwirkungen der Atmosphäre. Es rostet nicht wie Eisen, dagegen ist die Empfindlichkeit gegenüber chemischen Verbindungen, Säuren, Salzen größer und alle Alkalien und Laugen, wie Soda usw., wirken geradezu schädlich. Es besteht demgegenüber aber die Möglichkeit, die Oberfläche durch eine besondere Behandlungsweise zu schützen, entweder indem man die betreffenden Gegenstände mit Farb-, Lack- und Teeranstrichen versieht oder ihnen eine künstlich verstärkte Oxydschicht gibt. Wird aber ein solcher Gegenstand mit Farbe versehen, so benötigt man hiervon für die gleiche Oberflächengröße weniger als bei Stahl, Eisen oder Holz.

Die Eigenschaften des Reinaluminiums kann man grundsätzlich ändern, indem man es mit verschiedenen Metallen, vor allem Kupfer, Zink, Silizium, Mangan, Magnesium, Antimon, Titan und Nickel in geringen Zusätzen legiert.

Die Entwicklung der hochwertigen, aushärtbaren Aluminiumlegierungen hat ihrer Zahl nach in den letzten Jahren einen geradezu stürmischen Verlauf genommen. Den Anfang bildete das von A. Wilm im Jahre 1909 geschaffene Duraluminium. Nach dem Kriege folgten Aludur, Lautal, Scleron, Aeron u. a. mehr. Mit dem Erlöschen des Duraluminiumpatentes im Jahre 1932 stieg die Zahl der neu entstandenen Legierungen besonders stark an.

2) Vgl. André Hug: Die wirtschaftliche Bedeutung des Aluminiums, Berlin 1934, S. 177.

Im Grunde bauen sich alle Legierungen auf demselben Gedanken der Aushärtung oder Vergütung auf, der von Wilm zum ersten Male entwickelt wurde. Neben diesen Duraluminium ähnlichen knetbaren Legierungen treten dann solche mit hohem Magnesiumgehalt und schließlich noch die verschiedenen mehr oder weniger hochwertigen Gußlegierungen.

Bislang fehlte es an einer kritischen Zusammenstellung, um den Fachmann einen Überblick über die Gesamtheit der bestehenden Aluminiumlegierungen und ihrer jeweiligen Eigenschaften zu geben. Aus diesem Grunde hat der Fachnormenausschuß für Nichteisenmetalle eine solche Aufstellung in Angriff genommen. Zusammen mit der Unterstützung amtlicher Stellen auf den Vorarbeiten der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde aufbauend und auf Grund von Beratungen mit der „Aluminium-Zentrale" wurde der Entwurf eines Normblattes DIN 1713 aufgestellt. Es heißt „Einteilungen der Aluminiumlegierungen" und umfaßt die aushärtbaren und nicht aushärtbaren Aluminiumknet- und -gußlegierungen, soweit sie sich auf dem Markt befinden. ⟨Zitiert in RTA Jhrg. 1935⟩

Unter der Bezeichnung „Dural-Typ" faßt das Blatt die Legierungen Duraluminium, Aludur, Avional, Bondur, Ulminium, Heddur und Igedur zusammen. Sie sind wesensgleich und ihre kennzeichnenden Eigenschaften sind Aushärtbarkeit und hohe Festigkeit. Sie kommen für mechanisch hochbeanspruchte Konstruktionsteile zur Verwendung.

Unter der Bezeichnung „Anticorodal-Typ" faßt dann das Blatt Aludur, Duraluminium K, Anticorodal, Pantal, Ulmal, Legal, Aldrey und Polital zusammen. Auch sie sind wesensgleich und besitzen kennzeichnende Eigenschaften wie Aushärtbarkeit, mittlere Festigkeit bei guter Verformbarkeit und hohe Korrosionsbeständigkeit. Diese Legierungen sind hauptsächlich für die Herstellung von Teilen mit guter mechanischer und chemischer Widerstandsfähigkeit geeignet.

Schließlich werden die Legierungen Hydronalium, Duranalium, Bs-Seewasser und Peraluman unter der Bezeichnung „Magnalium-Typ" zusammengefaßt. Ihre Kennzeichen sind hohe Festigkeit, Wasserbeständigkeit und Schweißbarkeit. Sie kommen hauptsächlich für die Herstellung von Teilen mit großer Seewasserbeständigkeit zur Anwendung.

Insgesamt werden die knetbaren Legierungen in 8 solchen Gruppen und die Gußlegierungen in 4 Gruppen und Untergruppen aufgeführt. Über die Gußlegierungen ist zu sagen, daß besonders 2 Legierungen, das Hydronalium und das Silumin durch ihre Eigenschaften hervorragen. Hydronalium besitzt eine gute Beständigkeit gegen schwache alkalische und Salzlösungen ⟨Seewasser⟩ sowie eine

Dichtigkeit gegen inneren Überdruck von Gasen und Flüssigkeiten. Silumin ist für Putzteile aller Art geeignet, gut schweißbar und besitzt eine hohe chemische Widerstandsfähigkeit. Silumin-Beta und Silumin-Gamma besitzen dazu noch höhere mechanische Werte, vor allem Schwingungsfestigkeit. Sie eignen sich für hochwertige Motoren und Maschinenteile wie Flugmotorengehäuse usw. Kupfersilumin besitzt eine noch höhere Härte und Schwingungsfestigkeit bei geringer Dehnung und eignet sich besonders für höher beanspruchte Konstruktionsteile wie Räder, Walzen usw.[3]).

Das Reinaluminium und seine meisten Legierungen lassen sich walzen, kneten, gießen, biegen, prägen, pressen, schneiden, schweißen, löten, nieten, stanzen, ziehen, verchromen, vernickeln, lackieren, polieren und brünieren, ebenso kann man verschleißfeste Oberflächenschichten erzeugen.

Das Aluminium hat sich, obwohl es noch ein sehr neues Metall ist, doch schon auf den verschiedensten Gebieten einen Platz erobert und in vieler Beziehung die Schwermetalle, die überall das Feld beherrschten, zu verdrängen gewußt, wobei diese Entwicklung keinesfalls als abgeschlossen gelten kann.

Wenn auch die Durchsetzung des Metalls, entgegen Vorurteilen der Verbraucher und technisch-wirtschaftlichen Unvollkommenheiten, nicht ohne Schwierigkeiten und Rückschläge vor sich ging, so liegt die Zukunft doch ganz zweifellos auf seiner Seite. Die Häufigkeit seines Vorkommens ist so ungeheuer, daß man geradezu von einer Unerschöpflichkeit sprechen kann. 7.3% der Erdkruste bestehen aus Aluminium. A. Hug[4]) errechnet die Gesamtmenge des vorhandenen Aluminiums auf 40 Milliarden Kubikkilometer mit einem Gewicht von etwa 108 Trillionen t. Nur der Sauerstoff mit 56% und das Silizium mit 25% sind in der Erdrinde stärker vertreten. Aber über doppelt so häufig ist das Aluminium verbreitet, wie das sich mit 3.1% anschließende Eisen. Diese Zahlen sagen deutlich genug, daß es sich um ein unerschöpfliches Metall handelt, und es ist lediglich eine Frage der Gewinnungstechnik, um jeden Ton in unserem an Tonen so reichen Vaterland als Rohstoff für Aluminium zu verwenden.

Die beinahe zahllosen Verwendungsmöglichkeiten des weißen Metalls und seiner Legierungen sind ständig im Wachsen begriffen. Allerdings ist es z. Zt. noch nicht möglich, eingehende Zahlenangaben über den Verbrauch dieses Metalls in den einzelnen Industriezweigen zu machen. Es seien im folgenden die prozentualen Verbrauchsanteile der hauptsächlichsten Industrien angeführt[5]):

3) Ueber die Zusammensetzung der Aluminium-Legierungen vgl. Aluminium-Taschenbuch, Herausgeg. v. d. „Aluminium-Zentrale", Berlin, 4. Aufl. S. 40 ff.

4) und 5) A. Hug, a. a. O. S. 13 und S. 179.

1.	Verkehrswesen (Kraftwagen, Straßen- u. Eisenbahnen)	10.0 %
2.	Luftfahrt	1.2 „
3.	Schiffbau	2.7 „
4.	Elektrotechnik und Kleinmechanik	9.0 „
5.	Küchengeräte und Sportartikel	21.0 „
6.	Blattaluminium	21.0 „
7.	Aluminiumpulver	11.0 „
8.	Chemische Industrie	4.0 „
9.	Nahrungsmittelindustrie	3.0 „
10.	Eisenindustrie	3.2 „
11.	Textilindustrie	1.0 „
12.	Bauwesen	1.0 „
13.	Schwerlegierungen und Aluminiumbronze	0.4 „
14.	Verschiedenes	11,5 „
	Summa	100,0 %

Kapitel V:

Die Verdrängung der Schwermetalle, speziell des Kupfers durch Aluminium.

Im folgenden soll vorerst die Verwendung von Aluminium und die sich daraus ergebenden technischen Vorteile untersucht werden. Die vorliegende Untersuchung soll einen möglichst umfassenden Überblick über die Verwendbarkeit des Aluminiums auf den verschiedenen Gebieten der industriellen Erzeugung geben. Dabei aber soll mit den Gebieten begonnen werden, in die die Verwendung von Aluminium schon seit langer Zeit Eingang gefunden hat, während die zuletzt behandelten Gebiete solche darstellen, auf denen die Verwendung von Aluminium wenigstens für Deutschland erst seit neuerer Zeit sich durchsetzte oder wo Versuche im Gange sind, die zu einer praktischen Ausnutzung noch nicht geführt haben.

Es kann aber jetzt schon festgestellt werden, daß die Vormachtstellung der Schwermetalle und besonders die Monopolstellung des Kupfers auf vielen Gebieten durch das Vordringen des Aluminiums gebrochen ist. Diese Tatsache ist für uns insofern wichtig, als uns damit ein klarer Weg zu einer möglichst ausreichenden Selbstversorgung mit Metallen gewiesen wird.

1. Die Verwendung von Aluminium im Haushalt.

Besonders verbreitet und seit Jahrzehnten bekannt ist die Anwendung von Aluminium für Haushaltsgeschirre. Durch die Benutzung von Kochgeräten aus Leichtmetall ist die Verwendung von Kupfer nahezu restlos ausgeschaltet worden, während auch die

Emaillegeschirrindustrie dem Vordringen des Aluminiums in weitem Maße weichen mußte. 21% der Aluminiumproduktion werden zur Herstellung von Haushaltgeschirren und Sportartikeln verwendet und tatsächlich sind die Vorteile des weißen Metalls für den Gebrauch im Haushalt so einleuchtend, daß seine Verbreitung ganz erklärlich erscheint. Die gute Wärmeleitfähigkeit ermöglicht eine nicht unbeträchtliche Ersparnis an Heizmaterial, zumal man beim Aluminiumgeschirr imstande ist durch sog. „Dampfhauben" mehrere Töpfe z. B. auf derselben Gasflamme zu erhitzen. Im Gegensatz zum Emaillegeschirr ist das Aluminiumgeschirr unempfindlich gegen Druck oder Stoß und die Unterhaltung ist z. B. wesentlich leichter als beim Kupfergeschirr, das leicht giftige Kupfersalze bei ungenügender Pflege bildet.

Seit einigen Jahren taucht immer wieder die Behauptung auf, daß bei der Herstellung von Speisen in Aluminiumgeschirren wesentliche Mengen Aluminium in die Nahrungsmittel übergehen und nun dem Organismus des Menschen, der die Nahrung zu sich nimmt, Schädigungen zufügen. Diese Stimmen verstiegen sich sogar zu der Behauptung, daß das Aluminium als Krebserreger auftreten könne. Genaue wissenschaftliche Untersuchungen stellten aber einwandfrei die völlige Unschädlichkeit des Aluminiums und seine ausgesprochene Eigung als Kochgeschirr fest.

In der organischen Natur ist Aluminium überall vorhanden und es gehört sogar zu den lebenswichtigen Mineralstoffen. In geringen Mengen ist seine Anwendung für eine gesunde Entwicklung und normale Fortpflanzung notwendig. Die über die Schädlichkeit des Aluminiums vorgebrachten Behauptungen veranlaßten auch das Reichsgesundheitsamt zu einer grundsätzlichen Stellungnahme. Im Reichsgesundheitsblatt Jg. 5 Nr. 41 vom 8. 10. 1930 wurde festgestellt, daß die Einführung selbst größerer Mengen von Aluminium und Aluminiumoxyd dem menschlichen und tierischen Organismus keinerlei Schädigungen zufügt.

Neben der Verwendung von Aluminium für Kochgeschirre spielt auch der Aluminiumverbrauch in der Sportartikelindustrie heute besonders eine große Rolle.

2. Die Anwendung in der chemischen und der Nahrungsmittelindustrie.

Die machtvolle Entwicklung der chemischen Industrie in den letzten Jahrzehnten hat immer größere Anforderungen an die Baustoffe im Apparatebau gestellt. Keines der bisher in größeren Mengen herstellbaren Metalle konnte alle Bedingungen erfüllen. Eine verhältnismäßig hohe Eignung besitzt aber u. a. das Aluminium,

dessen Eigenschaften es befähigen, auf sehr vielen Gebieten der chemischen Industrie zur Anwendung zu kommen. Wie schon erwähnt, verdankt das Aluminium seine Unempfindlichkeit gegenüber der Einwirkung chemischer Stoffe seiner natürlichen Oxydschicht. Es wird dadurch geschützt gegen die Einwirkung von trockenen Gasen, also Luft, Sauerstoff, Wasserstoff, Chlor u. a., sowie einer großen Anzahl weiterer Stoffe wie Schwefel, Alkohol Oel, Benzin, Petroleum, Ammoniak, Fruchtsäfte, Milch und zum Teil von konzentrierten Säuren, zo z. B. Salpetersäure. Diese kann verdünnt und konzentriert mit Aluminium in Berührung gebracht werden, ohne daß sie das Metall angreift, sodaß Aluminiumtanks als Transportbehälter für konzentrierte reine Salpetersäure im kalten Zustand zur Anwendung kommen. Salzsäure und Schwefelsäure dagegen lösen Aluminium auch im verdünnten Zustande auf. Auch Chloride greifen Aluminium stark an. Natrium und Kalilauge genau wie Quecksilber zerstören Aluminium in kürzester Zeit. Schädlich sind auch Sodalösungen, während chloridfreies Trinkwasser von nicht zu weichem Charakter Aluminium nicht in dem Maße wie Schwermetalle angreift.

Aluminium findet Verwendung in der anorganischen und organischen Chemie und den damit verwandten Zweigen der Nahrungsmittel- und Brauerei-Industrie. Die beste chemische Beständigkeit besitzt zweifellos das Reinaluminium bei einem Reinheitsgehalt von etwa 99.5 — 99.8% [1]. Da die Formgebung des Reinaluminiums durch Gießen Schwierigkeiten bereitet, so findet es hauptsächlich als Preß- und Walzmaterial Verwendung. Da aber, wie bekannt, die Festigkeitswerte von Reinaluminium sehr gering sind, treten vielfach die Verbindungen wie Silumin und Ks-Seewasser dafür ein. Es muß aber in den meisten Fällen individuell entschieden werden, ob eine Legierung oder Reinaluminium zur Anwendung kommen soll. Ks-Seewasser verhält sich z. B. beständig gegenüber dem Einfluß von Seewasser, während Reinaluminium wiederstandsfähiger gegen Salpetersäure ist. Aus diesem Grunde sind auch die Tanks für Kesselwagen aus Reinaluminium hergestellt [2]. Auch Silumin besitzt keine korrosionsbeschleunigenden Eigenschaften und verfügt vor allem über eine gute Gießbarkeit. Infolge dieser technologischen Eignungen ist Silumin in der chemischen Industrie die verbreitetste Gußlegierung. Ganz anders aber verhalten sich dagegen die Legierungen mit Kupferzusätzen, z. B. Duraluminium, Lautal und alle zum Duraltyp gehörigen Legierungen, die zwar über gute mechanisch-technologische Eigenschaften verfügen, aber infolge ihres Kupferzusatzes nicht korrosionsbeständig sind.

1) Dr. Dornauf: Aluminium und Alumin umlegierungen als Baustoffe in der chemischen Industrie. In: Hauszeitschr. d. V. A. W. und Erft-Werk A. G. H. 8, 1930, S. 197.

2) A. Hug, a. a. O. S. 180.

Von großer Wichtigkeit ist die Farblosigkeit der Lösungsprodukte des Aluminiums. Bei vielen Stoffen, Salzen oder Fetten, legt die chemische Industrie großen Wert auf die weiße Farbe. Andererseits muß die Nahrungsmittelindustrie verlangen, daß die etwaigen Korrosionsprodukte der verwendeten Metalle völlig unschädlich sind, ein Umstand, der z. B. beim Kupfer nicht zutrifft. Bilden sich dagegen beim Aluminium — vielleicht durch unsachgemäße Behandlung — Korrosionsprodukte, so sind diese völlig ungefährlich und fügen dem menschlichen Organismus beim Genuß von in Aluminium aufbewahrten Nahrungsmitteln keinen Schaden zu.

Neben den wenigen angeführten Stoffen, die schädlich auf das Aluminium einwirken, verhält sich der weitaus größte Teil der in der chemischen Industrie verarbeiteten und hervorgebrachten Produkte völlig indiferent gegenüber diesem Leichtmetall. Aluminium kann daher in den meisten Zweigen der chemischen und Nahrungsmittelindustrie als Werkstoff mit Erfolg verwendet werden. So gelangt es zur Herstellung von Schalen, Wannen, Fässern, Bottichen und Retorten, sowie von Pumpengehäusen, Rohrleitungen, Armaturen und ähnlichen Geräten. Gefäße aus Aluminium und seinen Legierungen finden wir in der Seifenindustrie, der Petroleum-, Benzin- und Benzolindustrie sowie bei der Reinigung von Oelen und Fetten, der synthetischen Herstellung von Stickstoff, bei der Kunstseidenerzeugung, der Zucker-, Alkohol- und Kautschukindustrie.

Eine große Bedeutung hat auch das Aluminium für die Herstellung von Transportgefäßen und Lagertanks erlangt. Die Mehrkosten für die Verwendung dieses teueren Materials werden durch höhere Haltbarkeit wieder ausgeglichen oder das leichtere Gewicht der Behälter gestattet ein größeres Fassungsvermögen, was bei Straßenfahrzeugen, wo eine Gewichtsgrenze vorgeschrieben ist, sehr wichtig ist. Eine weitere Ersparnis tritt schließlich noch durch den Fortfall von Schutzanstrichen ein. Infolge des hohen Wärmereflektionsvermögens des Aluminiums ist übrigens auch die Verdunstung von Flüssigkeiten, vor allem im Sommer, geringer als bei Stahltankwagen[3]).

Eine große Verwendung von Aluminium finden wir beim Bau von Gärbottichen für die Brauerei-Industrie. Die Inbetriebnahme solcher Bottiche hat in den beiden letzten Jahrzehnten im steigenden Maße zugenommen. Aluminium in genügender Reinheit wird weder von der Hefe noch vom Bier angegriffen. Dipl. Ing. Siepke[4]) schildert einen Versuch mit in Gärbottiche eingelegten Blechproben. In den ersten 4 Tagen zeigten diese Proben eine geringe Gewichtsabnahme von etwa 1.4 mg/qdcm. Am 5. und 6. Tage

3) A. Hug, a. a. O. S. 182.
4) „Aluminium i. d. Brauereiindustrie". Hausztschr. 1930, H. 8, S. 177 ff.

erfolgte dann eine Gewichtszunahme durch Ansatz von Bierstein, welcher am 8. Tag schon 8,5 mg/qdcm betrug. Der abgesetzte Bierstein war völlig frei von gelöstem Aluminium und bestand lediglich aus Oxal-Phosphorsäure, Kalk, Eiweiß u. a. Der Bierstein setzte sich glasurartig ab und bildete eine natürliche, glatte Isolation gegen das gährende Bier. Erst nach Jahresfrist wurde dieser Ansatz durch verdünnte Salpetersäure wieder entfernt. In keinem Fall wurden Korrosionen beobachtet. Auch die Geschmacksproben ergaben keinerlei Nachteile und auch die Annahme traf nicht zu, daß durch die größeren Temperaturunterschiede bei Aluminiumgefäßen die Gärung verzögert würde. Tatsächlich aber wurde festgestellt, daß die Eigenwärme, die bei der Gärung erzeugt wird, so groß ist, daß die Abkühlung an den Rändern, die beim Aluminium naturgemäß größer ist, kaum in Betracht kommt.

Zur Verarbeitung gelangte reines Hüttenaluminium mit einer garantierten Reinheit von über 99%. Insonderheit darf hierfür kein Umschmelzmaterial genommen werden, das gewöhnlich höhere Grade von Verunreinigungen aufweist. Vor allem ist für die Reinigung der Gefäße wichtig, daß Aluminium nicht mit Salz- oder Schwefelsäure in Berührung kommen darf. Die Reinigung hat mit Salpetersäure zu erfolgen, wobei genau darauf zu achten ist, daß diese nicht durch Salzsäure verunreinigt ist.

Aber nicht nur für Gärbottiche, sondern auch für Lagertanks findet Aluminium Verwendung, desgleichen für Zellen, Abfülltanks, Kühlschiffe, Anstellbottiche, Sterilisatoren, Hefewannen u. a. mehr[5]).

Seit einigen Jahren werden in modernen Brauereien neben dem Holzfaß auch Metalltransportfässer verwendet. Von diesen hat sich besonders das Aluminiumfaß als sehr brauchbar erwiesen, sodaß die Aussichten für eine weitgehende Einführung desselben nicht ungünstig sind. Ein Hauptgrund, der eine solche Einführung rechtfertigen würde, ist die Möglichkeit einer besseren Säuberung bezw. Sterilisierung dieser Fässer gegenüber den Holzfässern sowie das geringe Gewicht. Weitere Nachteile der Holzfässer, wie das Arbeiten der Hölzer bei Feuchtigkeit, die Unmöglichkeit einer zuverlässigen Eichung, das Undichtwerden beim Trockenliegen, können durch Aluminiumverwendung vermieden werden. So tritt die Verwendung von Aluminium in der Brauereiindustrie ganz allgemein an die Stelle von Holz, Eisen, Kupfer und Beton.

Aber auch die verschiedenen anderen Zweige der Nahrungsmittelindustrie lassen die Herstellung von Apparaten und Gefäßen aus Aluminium in hohem Maße zu. So entspricht Aluminium allen Forderungen als Werkstoff für die Milchwirtschaft. Es können keine

5) Vgl. hierzu Siepke, a. a. O.

Säurebildungen eintreten, die Erhaltung der Milchqualität und die Verkäsungsfähigkeit wird bei der Aluminiumverwendung verbürgt und infolge der hohen Wärmereflektion erhalten die aus Aluminium hergestellten Milchfässer eine mit keinem anderen Material vergleichbare Kühlung[6]).

Zu erwähnen ist noch die gute Wärmeleitfähigkeit bei direkter Wärmeübertragung — im Gegensatz zur Wärmereflektion bei Wärmestrahlung — die ebenfalls ein Grund für die vielseitige Verwendung dieses Metalles in der chemischen Industrie darstellt. Die gute Wärmeleitfähigkeit bildet eine Quelle von Ersparnissen und die sofortige Ausbreitung der Wärme vermeidet örtliche Ueberhitzungen. Kommen höhere Temperaturen als 200° C in Frage, so empfiehlt es sich allerdings, Kupfer anstelle von Aluminium zu verwenden, das in diesem Falle dem Leichtmetall überlegen ist.

3. Aluminium und seine Legierungen als Konstruktionsmaterial im Verkehrswesen.

a) Luftschiff- und Flugzeugbau.

Die Kenntnis und die Möglichkeit der Herstellung des Aluminiums in größerem Umfang sowie die Entwicklung der mechanisch hochbeanspruchbaren Aluminiumlegierungen, vor allem des Duraluminiums, waren die Voraussetzung für den Bau von Luftschiffen. Ohne die Entdeckung des Duraluminiums wäre ein Bau von Zeppelinluftschiffen niemals möglich gewesen. Aber auch die Flugzeugindustrie wurde durch die Verwendung von Aluminium für Konstruktionsteile sowie zur Verkleidung der Tragflächen usw. in hohem Maße gefördert. Unsere großen Verkehrsflugzeuge wären heute ohne die Verwendung von Aluminium gar nicht denkbar, wenngleich der Holzbau in der Flugzeugindustrie in ihren Anfängen die Hauptrolle spielte und auch heute noch nicht verschwunden ist, sofern es sich um leichte Sportflugzeuge handelt. Schon während des Krieges aber wurde von dem Konstrukteur Dornier der erste Versuch mit einem „Ganzmetallflugzeug" unternommen. Nach dem Kriege setzte dann die Weiterentwicklung in dieser Richtung sehr rasch ein. Die Vorteile der Verwendung von Leichtmetall gegenüber Holz sind vor allem seine größere Festigkeit, Wetterbeständigkeit, Gleichmäßigkeit und die Möglichkeit einer statischen Durchrechnung der einzelnen Konstruktionsteile.

Zu einer Verdrängung von Schwermetallen ist es jedoch auf diesem Gebiete nie oder nur in ganz unbedeutendem Maße gekommen. Mit der Ausbreitung des Flugwesens hat das Aluminium hier seinen Platz gefunden, ohne erst andere Metalle verdrängen

6) Vgl. „Aluminium" (Hohenleuben) Jg. 15 (1933) H. 10.

zu müssen. Anders verhält es sich dagegen in den übrigen Zweigen des Verkehrswesens.

b) Kraftfahrwesen.

Die Leichtmetalle wurden konstruktiv zuerst bei den Luftfahrzeugen angewandt. Nach weitgehenden Verbesserungen drangen sie aber auch in die anderen Gebiete des Verkehrs- und Transportwesens ein und eroberten sich einen Platz neben dem Stahl und den anderen Schwermetallen. Der extreme Leichtmetallbau, wie er bei den Luftfahrzeugen entwickelt wurde, findet nur zum Teil in den anderen Verkehrszweigen Anwendung. Trotzdem spielt auch die Gewichtsersparnis z. B. in der Kraftwagenindustrie, eine nicht unerhebliche Rolle, da sich diese immer in doppelter Hinsicht auswirkt. Bei Nutzfahrzeugen kann die Nutzlast bei gleichem Leerwagengewicht vergrößert werden und bei Personenwagen verbilligt sich der Benzinverbrauch. Die Verringerung des Benzinververbrauchs für ein um 100 kg geringeres Leergewicht des Kraftwagens auf einer Fahrstrecke von 100 km beträgt rund 1 Liter[7].

Die Anwendung von Aluminiumguß für Motorengehäuse, Getriebekasten usw. ist bekannt. Bedeutende Fortschritte machte man in letzter Zeit mit der Verwendung von Silumin-Gama im Maschinen- und Motorenbau. Bei der Verwendung von Aluminium im Verbrennungsmotorenbau spielt aber nicht nur das geringe Gewicht eine Rolle, sondern auch die Wärmeleitfähigkeit, sodaß z. B. bei Motorengehäusen aus Leichtmetall keine Wärmestauungen auftreten können. Bekannt ist außerdem die Verwendung von Aluminiumkolben anstelle von Graugußkolben, die ursprünglich das Feld beherrschten. Die Wärmeleitfähigkeit dieser Leichtmetallkolben ist etwa 3,5 mal so groß als die von Grauguß. Die Vorteile sind vor allem die Erhöhung der Umdrehungszahlen um 30—50% ohne Gewichtserhöhung, eine vergrößerte Nutzarbeit des verdichteten Gemisches und damit eine Leistungssteigerung des Motors. 1926 wurden in USA 75% Graugußkolben und 25% Leichtmetallgußkolben verwendet. 1930 war das Verhältnis genau umgekehrt. Ebenso verhält sich die Verwendung von Leichtmetall und Graugußkolben in Deutschland, England, Frankreich und Italien[8]. Trotzdem konnte aber der Aluminiumverbrauch mit der Steigerung der Kraftwagenproduktion nicht Schritt halten. Ganz einheitlich ist in den genannten Ländern ein Rückgang in der Verwendung von Leichtmetallkolben für Großserienwagen festzustellen. Erst bei der

7) A. Hug, a.a.O. S. 210.

8) E. Mahle: 25 Jahre Leichtmetallkolben. In „Aluminium" Mai 1935, S. 262.

mittleren Wagenklasse kommt das Leichtmetall wieder voll zur Anwendung. Der Grund hierfür liegt in den zu hohen Aluminiumpreisen, die immer noch das 5 fache von hochwertigem Stahl betragen. Beträchtliche Mengen von Aluminium werden übrigens auch von der Kraftradindustrie aufgenommen. Bei einigen Kraftradtypen werden z. B. bis zu 12 kg Aluminium pro Fahrzeug verwandt.

Weniger bekannt ist die Anwendung von Aluminium und zwar vor allem der hochwertigen, vergütbaren Aluminiumlegierungen wie Anticorodal, Avional, Duraluminium und Lautal im Karosseriebau für Autobusse. Für die Verwendung zu solchen Konstruktionen sprechen eine ganze Reihe von Zweckmäßigkeitsgründen, wie die Verminderung des ungefederten Gewichts, Schonung der Reifen und des Straßenunterbaues. Kürzere Bremswege erhöhen die Sicherheit und vergrößertes Beschleunigungsvermögen erhöhen die Durchschnittsgeschwindigkeit. Dazu tritt noch eine Ersparnis an Brennstoff. J. Krapf[9]) führt das Beispiel eines Personenautobuss' an. Die Nutzlast betrug 25 Personen, das Chassisgewicht 3 t. Die Stahlaufbauten einschließlich der Ausrüstung (Bestuhlung) ca 2,6 t, sodaß das Gesamtgewicht 5,6 t betrug, zu dem noch eine Nutzlast von 2,2 t kam. Für die Leichtmetallausführung wurde das gleiche Chassis verwendet und die Aufbauten wie auch die Ausrüstung wurden ebenfalls in Leichtmetall hergestellt. Die aus Anticorodal ausgeführten Doppelsitze mit Polsterung hatten ein Gewicht von weniger als 20 kg. Bei gleicher Sicherheit wie bei der Stahlausführung wog das Kastengerippe mit Verschalung etwa 635 kg, die Ausrüstung etwa 750 kg, also zusammen 1385 kg oder etwas mehr als die Hälfte wie bei der Stahlausführung. Die Verwendung von Aluminium für die Aufbauten der Personenwagen, Autobusse und sogar Speziallastwagen wie Kehricht-, Silo-, Tankwagen, ist außerordentlich groß und die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Leichtmetalls kommen dabei voll zur Geltung.

c) Schienenfahrzeuge.

Im Jahre 1923 machte die Illinois Central Reilway die ersten Versuche mit Leichtmetall im Eisenbahnwagenbau zusammen mit den anderen Eisenbahngesellschaften der Pennsylvania Railway und Chicago North-Wester-Railway. 1925 liefen bereits über 100 Aluminiumwagen. Die Instandhaltung solcher Wagen gestaltete sich äußerst billig und das Gewicht verhielt sich um 3,8 t geringer als bei der Ausführung in Stahl[10]).

9) In „Schweizerische technische Zeitschrift" (Technik Betrieb) Zürich 1933, Nr. 15/16, S. 214/220.

10) Vgl. „Organ für den Fortschritt im Eisenbahnwesen", Berlin 1932, H. 2/3, S. 74 (Die Verwendung von Aluminium und seinen Legierungen beim rollenden Material).

Die Gewichtsersparnis bei Schienen-Fahrzeugen durch die Anwendung von Leichtmetall beträgt zwischen 15 und 35%, bei Straßenbahnen sogar 50%. Die Aluminiumtriebwagenzüge der Berliner Stadtbahn weisen eine Gewichtsersparnis von 34% gegenüber Stahl und 23% gegenüber Siliziumstahl auf.

Versucht wurde, Leichtmetall für Kuppelstangen für Dampf- und elektrische Lokomotiven sowie für die Umsteuerung zu verwenden. Nach dem Bericht der L'Aluminium Francais, Paris (Oktober 1931), hat man Lokomotiv-Pleuelstangen aus Duraluminium hergestellt. Diese Versuche dürften aber kaum von Bedeutung sein, da es sich bei dieser Verwendung um Temperaturen handelt, die für Leichtmetallegierungen ungeeignet sind.

d) Schiffsbau.

Wesentlich ungünstiger als beim Automobil- und Eisenbahnbau ist hier die Entwicklungsmöglichkeit von Aluminium, da das Eigengewicht keine so ausschlaggebende Rolle spielt wie bei den eben behandelten Gebieten des Verkehrswesens. Immerhin aber ist die Mehrtragfähigkeit bei Schiffen von Bedeutung. Obwohl der Unterschied zwischen den Kosten von Eisenguß und Aluminiumguß pro t so groß ist, daß eine Verwendung von Aluminium ungerechtfertigt erscheint, so ist dabei zu bedenken, daß der Schrottwert von Aluminium auch entsprechend höher ist. Während für die t Eisenschrot ca. 50.— RMk. gezahlt werden, rechnet man für 1 t Aluminiumschrott immerhin mit rund 1000 Rmk. Für Frachtdampfer spielt die Gewichtsverringerung dann immer noch die Rolle, daß mehr Nutzlast befördert werden kann und so die Mehreinnahme wieder den erhöhten Materialpreis ausgleicht[11]). Allerdings ist der Ersatz von Eisen durch Aluminium der ungünstigste Fall, während bei vielen Einzelteilen des Schiffes, Messing, Bronze und Holz ersetzt werden können.

Die Erfahrungen der Aluminiumverwendung im Schiffsbau liegen schon Jahrzehnte zurück. Z. B. hat man in den Jahren 1892 bis 1893 in Frankreich Torpedoboote mit großen Geschwindigkeiten unter starker Verwendung von Aluminium gebaut. Damals konnten diese Versuche allerdings nicht zu einem befriedigenden Ergebnis führen, da die seewasserbeständigen Aluminiumlegierungen noch nicht bekannt waren.

Gegenwärtig aber ergibt sich durch die Tonnagebegrenzung bei Kriegsschiffen eine dankbare Verwendung von Leichtmetall, wie überhaupt der Kriegsschiffbau in der Einführung von Neuerungen

11) In „Fördertechnik u. Frachtverkehr" Bd. 22 (1929) H. 15, S. 278/79. (Verwendung von Aluminium im Schiffsbau u. Schiffsmaschinenbau).

dem Handelsschiffsbau vorangegangen ist. So haben z. B. die Amerikaner und Engländer aus dem Washingtonabkommen der Deplacements-Beschränkungen der Kreuzer auf 10000 t sehr weitgehende Konsequenzen gezogen und Leichtmetall in hohem Maße mitverwendet[12]. Auch die deutsche Kriegsmarine hat auf den Kreuzern „Königsberg" und „Leipzig" sowie auf der „Deutschland" innerhalb der Einrichtungen nicht unbeträchtliche Mengen von Leichtmetall verwendet.

Durch die Verminderung großer Aufbautengewichte verringert sich das Massenträgheitsmoment des Schiffskörpers und damit die Größe der Aufschläge beim Rollen und Stampfen des Schiffes. Durch Abnahme des Gewichtes über der Wasseroberfläche wird auch die Stabilität des Schiffes gesteigert. Bei einer konsequenten Leichtmetallverwendung im Schiffsbau kommen folgende hierfür geeignete Stellen in Betracht: Ventilatoren und Ventilationskanäle, Decken- und Seitenverschalungen, Türen, Kabinenwände, Einrichtungsgegenstände aller Art, Armaturen und Beschläge, die meist in Messing ausgeführt sind, Rettungsboote, Schotten, Kessel- und Maschinenschächte, freie Deckaufbauten, Schornsteinbekleidungen, Rauchgasführungen u. a. mehr[12].

Da im Maschinenraum alle Teile mit Oel überzogen sind, so ist eine Anfressung des Aluminiums nicht möglich. Schwieriger ist schon die Verwendung von Leichtmetall für Deckaufbauten, obwohl die salzhaltige Seeluft das Metall, wenn es sich um die hochvergütbaren Legierungen vom „Anticorodal-Typ" oder „Magnalium-Typ" handelt, auch nicht sehr stark angreift, was z. B. die Bewährung blanker Aluminiumsdeckaufbauten einer englischen Yacht während 18 monatiger Betriebsdauer ohne jede Korrosionserscheinung zeigt[13].

Der Ersatz von Holz durch Aluminium im Schiffsbau ist ganz allgemein aus dem Grunde zu empfehlen, weil dadurch die Sicherheit des Schiffes gegenüber Bränden erhöht wird. Durch Leichtmetallverwendung für Kabinenwände, Ventilationskanäle etc. könnte man der Gefahr einer raschen Ausbreitung von Feuersbrünsten, wie sie sich in letzter Zeit häuften („Georges Philippar", Atlantique", „Morrow Castle") wirksam entgegentreten.

Bei einem Umbau der „Cap Arkona" unter größter Leichtmetallverwendung für alle Aufbauten oberhalb des Spannungsdecks würde sich eine Ersparnis von ca 1200 t und eine namhafte Vergrößerung der Stabilität ergeben. Bei einem Neubau des Schiffes könnte man dieses um 1 m schmaler machen oder ein volles Aufbaudeck mit großem Nutzungswert hinzufügen[14].

12) Vgl. Bericht d. Aluminium-Tagung u. -Ausstellung in Hamburg 1933.
13) Neue Züricher Zeitung vom 28. 9. 1933 (Aluminium-Beilage).
14) Vgl. Bericht von der Aluminium-Tagung und -Ausstellung in Hamburg.

4. Die zunehmende Verwendung von Aluminium im Bauwesen.

Im Bauwesen bestehen lange Bewährungsfristen sowohl für Form als auch für Material. Vielfach überspitzt sich diese Zurückhaltung gegenüber der Einführung neuer Formen und vor allem neuer Baumaterialien bis zum mißtrauischen Vorurteil gegenüber allen Neuerungen. Gerade für die Verwendung von Aluminium besteht z. B. eine gewisse Zurückhaltung, die größtenteils auf einer mangelnden Kenntnis und Erfahrung mit diesem Metall beruht.

An der Spitze der im Bauwesen zur Anwendung kommenden Metalle steht zweifellos das Eisen. Aber auch die verschiedenen Nichteisenmetalle, insonderheit Kupfer- und Kupferlegierungen, Blei und Zink, finden im Bauwesen reichlich Verwendung. Daß daneben das Aluminium und seine Legierungen ebenfalls zur Anwendung gelangen können, ist vielfach bisher noch unbekannt geblieben. Deshalb ist es auch um das Wissen über die Werkstoffeigenschaften des Aluminiums und besonders der Aluminium-Konstruktionslegierungen sehr schlecht bestellt.

Im Folgenden sei nun das Wesentliche über die Anwendungsmöglichkeiten des Aluminiums im Bauwesen sowie über die mit ihm erzielten Vorteile gesagt[15]).

1. Beständigkeit gegenüber den Einflüssen der Atmosphäre, daher Verwendung in fabrikblankem Zustand sowie Fortfall der hohen Anstrichkosten.
2. Die Gewichtsersparnis beschränkt sich nicht nur auf den Leichtigkeitsgewinn aus der spezifischen Gewichtsdifferenz des Schwermetalls gegenüber dem Leichtmetall. Leichtmetall gestattet überdies infolge der bei seinem niedrigen Gewicht möglichen Anwendung größerer Widerstandsmomente weitere Gewichtsersparnis.
3. Während Eisenschrott sehr geringwertig ist, erreicht Aluminium-Legierungs-Schrott noch etwa 30—50 %, Reinaluminium-Schrott sogar bis zu 75 % des Neuwertes.
4. Die Anwendbarkeit sehr hoher Schnittgeschwindigkeiten verbilligt die Leichtmetallbearbeitung.
5. Aluminium- und Aluminiumlegierungen haben infolge ihrer Witterungsbeständigkeit, insbesondere im Vergleich zu Eisen und Zinn eine sehr hohe Lebensdauer, sodaß Erneuerungs- und Amortisationskosten sehr niedrig angesetzt werden können.
6. Aluminium und Aluminiumlegierungen sind durchaus als deutsches Erzeugnis anzusprechen. Im Gegensatz zu der nervösen Preiskurve z. B. des Kupfers, ist der Preis des Aluminiums

15) Vgl. „Das Aluminium i. d. Architektur u. i. Bauwesen". Informationsblatt f. Architekten u. Bauingenieure, herausgegeben v. d. Ver. Aluminium-Werken A.G. — Lautawerk.

innerhalb der letzten 5 Jahre nur 5mal geändert und zwar stets herabgesetzt worden. Man kann also bei Aluminiumverwendung mit großer Sicherheit die Baukosten kalkulieren.

Eines der Hauptanwendungsgebiete der Metallverwendung im Bauwesen ist die Dacheindeckung. Zwei Eigenschaften des Aluminiums machen es dazu besonders empfehlenswert:

1. die große Beständigkeit gegenüber atmosphärischen Einflüssen,
2. das hohe Wärmerückstrahlungsvermögen.

Der jahrhundertelange Gebrauch des Kupfers als Baumaterial, das seine Anwendung zum großen Teil seiner Beständigkeit gegenüber atmosphärischen Einflüssen verdankt, hat im Aluminium einen Ersatz gefunden. Das Zink hat das Kupfer nie völlig ersetzen können, da es eine zu große Empfindlichkeit z. B. gegenüber Rauchgasen, aufweist. Versuche mit allerdings verzinktem Eisenblech in Industrie- und Hafenbezirken haben nur eine Lebensdauer der Dachbelege von etwa 3 Jahren ergeben. Beim Aluminium dagegen kommt die Haltbarkeit dem Kupfer sehr nahe. So ergaben Versuche mit 0,1%iger schwefeliger Säure sogar eine etwas größere Beständigkeit als Kupfer und eine bedeutend höhere als Zink oder verzinktes Eisenblech[16]. Daneben aber liegen bereits praktische Ergebnisse über die Beständigkeit und Bewährung des Aluminiums als Dachbedeckung vor, so z. B. bei dem Geschäftshaus des Barmer Bankvereins in Düsseldorf, das 1915 errichtet wurde, sowie bei den Dächern der Straßenbahnerkolonie in Charlottenburg, in die etwa 12 t Aluminium für Dacheindeckung, Regenrinnen, Regenabfallrohre, Gesimse, Fensterbleche und Rauchabzüge eingebaut worden. Ein glänzendes Zeugnis für die Bewährung des Aluminiums als Dacheindeckung erwähnt Dr. Herrmann[17]. Es handelt sich dabei um die Eindeckung eines Turmes an einem Haus der kleinen Schweizer Stadt Steckborn am Untersee. Eine Inschrift sowie Eintragungen in den Büchern des Hausbesitzers bezeugen, daß die aus 0,7 mm starken Blechen bestehende Aluminiumbedeckung im Jahre 1898 ausgeführt wurde. Ein weiteres Beispiel bringt R. Haefner[18] und zwar handelt es sich dabei um die Flachdachabdichtung der städtischen Fahrradhalle in Frankfurt a. M. Im Jahre 1929 wurde diese Halle mit nur 0,2 mm starken Aluminiumbändern abgedichtet. Die Neigung des Daches war so gering, daß das Wasser niemals ganz ablaufen konnte. Es bildeten sich daher stets Pfützen, die langsam verdunsteten. Nach einer im Sommer 1934 vorgenommenen Prüfung stellte sich heraus, daß an keiner Stelle Lochfraß stattgefunden hatte.

16) R. Haefner, Aluminium f. Dacheindeckungen. In „Metallwirtschaft", Jg. XIII (1934) Nr. 45.
17) Aluminium im Bauwesen. In „Aluminium", Jan. 1935, S. 20/25.
18) a. a. O.

Das Dach erfüllte nach einer Betriebsdauer von über 5 Jahren nach wie vor völlig zufriedenstellend seinen Dienst. Beim Erweiterungsbau des Halleschen Rathauses im Jahre 1929 wurde der Turm des „Ratshofes" mit 0,8 mm starken Reinaluminiumblechen gedeckt, während die Bedachung der Seitenflügel in 0,4 mm starken Kupferblechen ausgeführt wurde. Durch die starken Rußablagerungen des mitteldeutschen Industriebezirkes wurde das Dach sehr schnell schwarz gefärbt — in gleicher Weise übrigens auch die Kupferdächer —, sodaß sie sich voneinander kaum unterscheiden. In den 6 Jahren seit der Inbetriebnahme hat sich das Aluminiumdach gut bewährt. Der Verfasser hatte Gelegenheit, das Dach zu besichtigen und konnte außer einer gewissen Aufrauhung und Rußfärbung keinerlei Korrosion oder Lochfraß feststellen. — Die Korrosionsbeständigkeit des Aluminiums für Dacheindeckungen kann demnach bejaht werden.

Die Umstellung auf Aluminium, die keineswegs nur eine vorübergehende Maßnahme darstellen soll, erfährt lediglich durch den gegenwärtigen devisenwirtschaftlich bestimmten Stand der deutschen Metallwirtschaft eine Beschleunigung der Entwicklung. Bezeichnend ist in dieser Hinsicht das Verhalten anderer Länder. Die Vereinigten Staaten von Amerika, früher das bedeutendste Kupfererzeugungsland, sind in der Verwendung von Aluminium weiter fortgeschritten als Deutschland. Auch in der Schweiz, neuerdings in Italien wird planmäßig Aufklärungsarbeit geleistet, um im Bauwesen die jungen Architekten für das Leichtmetall zu gewinnen. Herrmann[19] führt in diesem Zusammenhange das Beispiel der „Radio-City" in New York an, in das man nicht nur aus einer Laune heraus, sondern rein aus wirtschaftlichen Gründen Aluminium-Silizium-Legierungen für äußere Wandverkleidungen einbaute und zwar in einer Gesamtfläche von 65000 qm und einem Gesamtgewicht von 1362 t. 3000 t konnten durch die Verwendung von Leichtmetall eingespart werden. Das geringe Gewicht des Aluminiums bringt weiterhin wesentliche Erleichterungen beim Transport der Baustoffe zur Baustelle und bei der Montage der Teile. Da man Aluminium in den meisten Fällen zur Dachbekleidung, zu Aufbauten oder Verzierungen verwendet, wird das tote Gewicht entlastet und die erforderlichen Tragkonstruktionen können ebenfalls leichter hergestellt werden. Obwohl die Preisverhältnisse von Aluminium gegenüber Kupfer und Zinn sehr im argen liegen, kann man doch die Konkurrenzfähigkeit des Leichtmetalls bei dieser Art der Berechnung aufrecht erhalten. Im Durchschnitt wird mit einer Verringerung des Gewichtes je qm des Daches aus Aluminiumblech um 12% im Vergleich zur Dachbekleidung aus Kupfer oder Zink gerechnet. Dazu kommen noch die geringeren Verarbeitungskosten auf Grund der

19) a. a. O.

technischen Eigenschaften des Aluminiums. Im Gegensatz zu anderen Dachbekleidungen schützt Aluminium auch vor zu großer Wärmeeinwirkung der Sonne. Aluminiumdächer können selbst bei stärkster Sonnenbestrahlung noch mit der Hand angefaßt werden und schon ein Schutzanstrich mit Aluminiumbronze, wie ihn die Reichsbahn bei Kühlwagen, aber auch schon bei Personenwagen durchführt, wirkt in dieser günstigen Richtung der Reflektion der Sonnenwärme. Ein Vorteil dieses Rückstrahlungsvermögens ist weiterhin die Möglichkeit des Einbaues von Wohnräumen direkt unter das Dach, da durch die Aluminiumbedachung die Wohnungsräume selbst in der heißesten Jahreszeit erträgliche Temperaturen erhalten.

Aber nicht nur für Dacheindeckungen kann Aluminium verwendet werden, sondern auch als Konstruktionsmaterial im Hochbauwesen. Diese Möglichkeit eröffnet sich aber erst seit der Schaffung der hochwertigen Konstruktionslegierungen des Aluminiums. Diese Legierungen kommen als Halbzeug ausgewalzt, gepreßt und gezogen, in Profilen und Stangen zur Anwendung. Sie dienen zur Herstellung von tragenden Konstruktionen, Fensterrahmen, Türen, Deckleisten, Treppengeländern u. a. mehr. Daneben ist auch die Verwendung von Gußlegierungen bedeutsam. Sie finden wir als Werkstoff für Tür und Fenstergriffe, Beschläge und Armaturen aller Art. Die wichtigsten im Bauwesen zur Verwendung kommenden Walzlegierungen sind Duraluminium und Lautal, die wichtigste Gußlegierung Silumin.

Für die Innenausstattung der Räume ergeben sich ebenfalls eine ganze Reihe von Anwendungsmöglichkeiten des Aluminiums und seiner Legierungen. Die Ausstellungen der letzten Jahre zeigten in dieser Beziehung vielfach neue Richtlinien und wiesen neue Wege.

Die Verwendung von Aluminium als Material zur Herstellung von Türen oder Toren, die sonst aus Eisen hergestellt wurden, hat den Vorteil, daß durch die Einsparung an Gewicht nicht nur die Bewegung der Tür leichter wird, sondern auch die Scharniere geschont werden. Treppengeländer, Treppenbelag und Fensterrahmen aus Aluminium wirken sehr gut durch ihren mattsilbernen Glanz, außerdem wird ein oft erneuerungsbedürftiger Anstrich gespart und es tritt auch kein Verziehen wie bei Holz, ein.

In diesem Zusammenhang sei noch auf die Verwendung nahtlos gezogener Aluminiumrohre speziell für Gasleitungen hingewiesen, die gegenüber den Eisenrohren den Vorteil der leichteren Verlegbarkeit haben. Das saubere gefällige Aussehen der Rohre gestattet weiterhin eine sichtbare Verlegung, wobei wieder etwa auftretende Undichtigkeiten leicht festgestellt werden können. Krümmungen können von Installateuren mittels besonderer Werkzeuge mit Leichtigkeit an Ort und Stelle vorgenommen werden, sodaß eine Verlegung

der Leitungen aus einem Stück möglich ist. Dadurch wird das mühsame Anstücken mit Krümmern vermieden, wie es bei eisernen Rohren zur Anwendung kommt. Die Verlegung erfordert daher einen geringeren Arbeitsaufwand, Dichtungsmaterialien wie Hanf und Kitt kommen in Fortfall und die glatte Rohrwandung vermindert die Druckverluste.

5. Aluminium im Feuerlöschwesen.

Auch im Feuerlöschwesen hat das Aluminium Eingang gefunden. Wenn die Gewichtsverminderung im Verkehrswesen durch die Verwendung von Aluminium und seinen Legierungen zu einer schnellen Steigerung des Einbaues von Leichtmetall in Fahrzeuge geführt hat, so dürfte dieser Grund gerade für Feuerlöschgeräte von besonderer Bedeutung sein. Das Gewichtsverhältnis von Aluminium zu Messing oder Rotguß verhält sich etwa wie 1 : 3. Es ist also nicht dasselbe, ob man Hydrantenstandrohre, Hydrantenschlüssel, Verteilungsstücke und Schlauchармaturen aus Messing oder aus Aluminiumlegierungen transportieren, montieren und schließlich auch handhaben muß. Die technologischen Voraussetzungen für den Übergang zum Leichtmetall waren das Vorhandensein vergütbarer stahlfester Legierungen einerseits und die Möglichkeit der Oberflächenbehandlung der Leichtmetalle andererseits. Die stahlfesten Legierungen waren wegen der starken Beanspruchung der einzelnen Teile nötig, das Oberflächenbehandlungsverfahren — es handelt sich hierbei um die elektrolytische Oxydation des Aluminiums — aber schützte vor der Gefahr der Korrosion, die ja bei den Legierungen des „Dural-Typs" besteht und verhinderte auch das Festfressen reibungsbewegter Teile.

Auch im Leiterbau hat die Verwendung von Aluminium bedeutende Fortschritte gemacht. Bei vierteiligen Leitersätzen von 20—30 m Steighöhe wird eine Gewichtsverminderung gegenüber der Ganzstahlleiter oder der Holzleiter mit Stahlarmierung von 40—50% erreicht. Dadurch aber erhöht sich entsprechend die Nutzlast des Fahrzeuges. Außerdem wird die Manövrierfähigkeit größer, sodaß die Leiterspitze eine größere Ausladung erfahren kann.

6. Das Blattaluminium.

Unter den Industrien, die den weitaus größten Teil der Aluminiumerzeugung verbrauchen, steht auch die Folien-Industrie die etwa 21% der Erzeugung verarbeitet. Die Aluminiumfolie oder wie man nach einem sehr zu begrüßenden Vorschlag der R.T.A.[20] besser deutsch sagen soll: das Blattaluminium, hat das Blattzinn als Verpackungsmaterial verdrängt. Hauptabnehmer sind die Nahrungs-

20) R. T. A. (Rundschau Technischer Arbeit) v. 15. 8. 1934, S. 4.

und Genußmittelindustrie, vor allem Schokoladen- und Tabakindustrie sowie die Käsereien. Im wesentlichen handelt es sich um Erzeugnisse des Blech- bzw. Bandwalzverfahrens in den Stärken von etwa 0.099—0.005 mm vorwiegend von weicher, geschmeidiger, also papierähnlicher Beschaffenheit. Noch geringere Stärken bis zu ca 0.001 mm und noch darunter, durch Ausschlagen mit dem Hammer hergestellt, führen den Namen „Unechtes Blattsilber"[21].

Die Ergiebigkeit des Aluminiums gegenüber dem Zinn in der Verarbeitung zu diesem Walzprodukt ist dreimal so groß. 1 kg Zinn ergibt 15 qm Blattzinn, während 1 kg Aluminium 40 qm Blattaluminium ergeben. Lieferbar ist das Blattaluminium in matter und hochglänzender Oberflächenbeschaffenheit und behält auch diesen Glanz wie seine silberweiße Farbe bei trockener Luft unverändert bei. Die Verwendung als Verpackungsmaterial ist geradezu ideal zu nennen, aber auch zur Erzielung dekorativer Wirkungen, z. B. durch Prägen und Färben, ist es geeignet. So hat man es bereits als Wandbekleidung und Tapete benutzt. Vom hygienischen Standpunkt ist Blattaluminium als vollkommen einwandfrei anzusehen, da die in Frage kommenden Salze ungiftig sind.

Durch besondere Behandlung kann das Blattaluminium auch noch beständig gegenüber chemischen Einwirkungen gemacht werden. So verwendet man die sog. Kraftfolie, eine mit einer gasdichten Schutzschicht aus Zellulosederivaten versehenes Blattaluminium, zur Verpackung von Schmelzkäse[22]. Als sehr vorteilhaft hat sich das Einschlagen von Butter und ähnlichen leichtverderblichen Waren in papierkaschiertem Blattaluminium erwiesen. So bezieht z. B. England große Mengen von Butter aus Neuseeland, die durchweg in Blattaluminium verpackt wird und trotz sechswöchiger Seereise in einwandfreiem Zustand am Bestimmungsort eintrifft[23]. Desgleichen ist das Verpacken von Tafelobst in Blattaluminium sehr zu empfehlen. Unersetzbar ist heute die sog. „Kreppfolie", die zur Verpackung von unregelmäßigen Gegenständen wie Schokoladenfiguren, Seifen, Konfekt etc. uns täglich in die Hände kommt. Bekannt ist die Verpackung von Zigaretten in Blattaluminium mit Pergaminpapierzwischenlage. Siegelmarken und Einbanddecken für Zeitschriften und Bücher aus kaschiertem Blattaluminium tauchen heute schon vielfach im Verkehr auf.

Auf technischem Gebiet findet das Blattaluminium heute in großem Maßstab Verwendung zum Bau von Elektrolytkondensatoren, auf die im Abschnitt Elektrotechnik noch näher eingegangen werden

21) Vgl. Aluminium-Taschenbuch, Aufl. 4, S. 117.
22) Dr. E. Herrmann: Die Aluminiumfolie und ihre Verwendungen. In „Aluminium", Sept. 1934.
23) Vgl. „Aluminium", April 1935, S. 226.

soll. In neuester Zeit dient das Blattaluminium in immer größerem Maße als Wärme- und Kälteisolationsmaterial. Vorerst mag es widersinnig erscheinen, daß ein so guter Wärmeleiter, wie das Aluminium, als Wärmeisolator Verwendung finden soll. Und doch zählt die „Aluminium-Knitterfolie" zu den besten Wärmeisolationsmitteln. Erklären läßt sich dieser scheinbare Widerspruch dadurch, daß bei der Wärmeübertragung nicht nur die Wärmeleitung und die Wärmekonvektion, sondern auch die Wärmestrahlung eine sehr wichtige Rolle spielt. Da eine polierte Aluminiumoberfläche ebenso wie Silber die auffallenden Wärmestrahlen fast restlos reflektiert, so ist bei einer Isolationsschicht aus Knitterfolie, die aus vielen Lagen zusammengeknitterten Blattaluminiums besteht, die Wärmeübertragung durch Strahlung = Null. Durch das lose Aufeinanderliegen des geknitterten Blattaluminiums werden viele ruhende Luftschichten geschaffen, die bekanntlich gut isolieren. Der Metallquerschnitt des Blattaluminiums ist aber so gering und der Kontakt innerhalb der einzelnen Isolierschichten so schlecht, daß ein Wärmedurchgang infolge Wärmeleitung praktisch nicht vorkommen kann. Die Vorzüge dieses Isoliermittels, das unter dem Namen „Alfol" auf den Markt gebracht wird, sind neben seinem hohen Isoliervermögen sein geringes Gewicht, seine Feuersicherheit und seine Verwendbarkeit auch bei hohen Temperaturen sowie seine Unempfindlichkeit gegenüber Nässe und Fäulnis.

Es ist unmöglich, alle durchgeführten oder erst vorgeschlagenen Verwendungsmöglichkeiten von Blattaluminium anzuführen. Ganz allgemein kann festgestellt werden, daß die Entwicklung hier noch lange nicht abgeschlossen ist und sich immer neue Anwendungs- und Absatzgebiete eröffnen werden.

7. Aluminium in der Elektrotechnik.

a) Allgemeines über Aluminium als aktives und passives Material in der Elektrotechnik.

Die ausschließliche Anwendung von Kupfer in elektrischen Maschinen- und Apparatebau erschwerte dem Aluminium das Eindringen in diesen Industriezweig. In der Kriegszeit hat man aus Mangel an Kupfer notgedrungen Aluminiumdrähte als Wicklungsmaterial verwenden müssen. Aber damit war die Anerkennung des weißen Metalls als Werkstoff in der Elektrotechnik noch lange nicht vollzogen und viele Vorurteile mußten beseitigt werden. Grundsätzlich ist zur Verwendung von Aluminium zu sagen, daß es nicht einen Ersatz des Kupfers schlechthin darstellt, sondern sogar neue Konstruktionsmöglichkeiten erschlossen hat, wie nachher noch dargelegt werden sollen.

Die bisherige Ausschließlichkeit des Kupfers aus Baustoff in der Elektrotechnik ist auf die gute Leitfähigkeit des Metalls sowie seine Zugfestigkeit, Dauerfestigkeit und Ermüdungsfestigkeit zurückzuführen. Es gab kein anderes Metall, das über diese Eigenschaften wie das Kupfer verfügte. Das Aluminium besitzt nur etwa 2/3 der Leitfähigkeit des Kupfers, aber sein spezifisches Gewicht von 2,7 beträgt noch nicht einmal 1/3 von dem des Kupfers von rund 8,9. Die mangelnde Leitfähigkeit läßt sich durch entsprechende Erhöhung des Querschnittes der Leiter leicht ausgleichen, wobei die Verwendung von Aluminium immer noch die Hälfte des Gewichtes der leitwertgleichen Kupferleitungen erspart.

Heute hat sich diese Erkenntnis schon weite Kreise der Konstrukteure erobert und Aluminium findet Verwendung in der Elektrotechnik sowohl als aktives — stromführendes — als auch passives Konstruktionsmaterial. Als aktives Material vor allem wird Reinaluminium deshalb geschätzt, weil es gegenüber den Alu. Legierungen über die höchste elektrische Leitfähigkeit verfügt. ⟨m/Ohm. qmm bei 20^0 C = 35,75⟩. Aber auch mechanisch-technologische Werte machen es für die meisten Zwecke geeignet. Reicht aber die gegenüber dem Kupfer geringere Festigkeit nicht aus, so treten an die Stelle von Reinaluminium die verschiedenen hochleitfähigen, vergütbaren Aluminiumlegierungen wie z. B. Aldrey mit der elektrischen Leitfähigkeit von 30—33 m/Ohm qmm und der gegenüber dem Kupfer höheren Zugfestigkeit. Im folgenden seien kurz die Vorzüge des Aluminiums für die Verwendung in der Elektrotechnik aufgezählt:[24]⟩

1. Das geringe spezifische Gewicht und die dabei doch hohe Festigkeit, z. B. die große Reißlänge. Unter Reißlänge versteht man die Länge, bei der ein am Ende freiaufgehängter Draht unter der eigenen Last an der Aufhängestelle reißen würde. Sie ergibt sich als Zugfestigkeit/Metergewicht. Besonders die hochleitfähigen Aluminiumlegierungen sowie die Kombination von Aluminium mit Stahl — das sog. Stahlaluminium — sind hierbei dem Kupfer überlegen. So beträgt die Reißlänge

von Kupfer	=	4500 m
Aluminium	=	6600 m
Stahl-Aluminium	=	9400 m
Aldrey	=	11100 m

2. Die gute Gießbarkeit und der niedrige Schmelzpunkt des Aluminiums bei 658^0 bezw. von Silumin bei 570^0.
3. Die leichte Oxydierbarkeit des Aluminiums auf Grund eines elektrolytischen Verfahrens, durch das der Aluminiumgegen-

24⟩ Vgl. H. Schmitt, Verwendbarkeit für Aluminium in der Elektrotechnik. In „Metallwirtschaft" Jg. IX, (1930), H. 25, S. 536/39.

stand mit einer künstlich verstärkten Oxydschicht überzogen werden kann.

4. Die Bildung nicht leitender Verbrennungsrückstände und Entionisierungsvorgänge bei Lichtbogenerscheinungen.
5. Die gute Verarbeitbarkeit, Kaltbiegbarkeit, Schweißbarkeit, sowie das Fehlen ferromagnetischer Eigenschaften.

Umfangreich und noch längst nicht ausgenutzt sind auch die Verwendungsmöglichkeiten als passives Material in der Elektrotechnik zum Aufbau elektrischer Maschinen und Apparate. Als konstruktiver Baustoff sind Aluminium und seine Legierungen überall da zu verwenden, wo das geringe Gewicht vorteilhaft ausgenutzt werden kann. Dies gilt vor allem bei den beweglichen oder bewegten Teilen. Zur Verwendung kommen sowohl gegossene, mechanisch verarbeitete als auch mechanisch verarbeitete vergütbare Aluminiumlegierungen.

b) Verwendung von Aluminium im Schaltanlagenbau.

Ein Gebiet, auf dem das Aluminium noch besonders vorteilhaft als Leitungswerkstoff angewendet werden kann, ist der Bau von Stromverteilungs- und Schaltanlagen. Dabei ist die Verwendung für diesen Zweck keineswegs neu, denn es bestehen bereits seit dem Jahre 1918[25]) Gleichstromverteilungsanlagen größten Stils aus Aluminium, die bislang noch zu keinerlei Beanstandungen Anlaß gegeben haben. Bei dem überwiegenden Teil aller Schaltanlagen, Transformatorenstationen und Unterstationen sind die Verbindungsleitungen und Sammelschienen nach alter Gewohnheit aus Kupfer hergestellt, und doch bietet auch heute das Aluminium die Möglichkeit der vorteilhaften Verwendung im Bau von Sammel- und Verbindungsleitungen. Infolge der guten Verarbeitbarkeit und Schweißbarkeit lassen sich Aluminiumschienen auch in den stärksten Querschnitten leicht verlegen. Die Aluminiumleitungen können dann in Form von Flachschienen, Rundstangen, Rohren oder auch profilierten Schienen verwendet werden und zwar sowohl in umbauten Anlagen als auch in Freiluftstationen.

In den Gleichstromverteilungsanlagen des Lautawerkes sind z. B. im Ganzen 106 t Aluminium eingebaut[26]). Der Gleichstrom von 13000 Ampère bei 5—7 Volt[27]) wird durch Aluminiumschienen mit einem Gesamtquerschnitt von 13000 qmm geleitet. Außerdem sind hier auch Drehstromofenzuleitungen aus Aluminium seit 1921

25) H. Schmitt, Die Verwendung des Aluminiums im Bau von Schaltanlagen, Hauszeitschr. April 1930, H. 1, S. 3.
26) H. Schmitt, a. a. O.
27) In den neuen Anlagen schon 28000 Ampère bei 5—7 Volt und entsprechend größerem Querschnitt.

mit Bewährung im Betrieb. Für die Stromverteilungsschienen zwischen Gleichrichtern und Elektrolysebädern der neuen Zinkhütte in Magdeburg wurden ebenfalls Reinaluminiumschienen in einem Gesamtgewicht von 18000 kg verwendet (Nach einer Meldung der Ztschr. Aluminium, Sept. 1934).

Besonders aber zeigen Amerika, England und Frankreich zahlreiche Verwendungen im Bau von Schaltanlagen und Transformatorenstationen. Auch in Italien bestehen seit einiger Zeit Schalt- und Verteilungsanlagen, in denen Aluminiumleitungen in großem Ausmaß zur Anwendung gelangen. In der Aluminiumfabrik Mori sind 132 t Aluminiumschienen als Stromzuleitungen zu den Aluminiumöfen eingebaut und außerdem 62 t für Aluminiumleitungen des Kraftnetzes[28]). Für die Wahl des Leitungswerkstoffes Aluminium in diesen Schaltanlagen waren sowohl wirtschaftliche wie auch technische Erkenntnisse maßgebend.

Um eine Darstellung der beiden konkurrierenden Werkstoffe Kupfer und Aluminium in ihren physikalisch-technologischen Eigenschaften zu geben, die sich speziell für den Schaltanlagenbau geeignet machen, seien zunächst die Materialkonstanten von Reinaluminium denen des Kupfers gegenüber gestellt:[28])

	Aluminium	Kupfer
Spez. Gewicht	2,7	8,89
Elektr. Leitfähigkeit, hart	35,2	57,0
Elektr. Leitfähigkeit, weich	36,0	58,0
Spez. Widerstand, hart	0,02845	0,0175
„ „ weich	0,02780	0,0172
„ Widerstandszunahme f. 1° C.	0,116	0,068
„ Wärme	0,214	0,0933
El. Temp. Koeffizient b. 20°	0,00408	0,00393
Wärmeleitfähigkeit, Cal/cm. sek. grad	0,5	0,8—0,9
Schmelzwärme in Cal/kg	100	43,3
Bruchfestigkeit, hart	18—25	30—35
Schmelzpunkt in C	658	1083
Bruchfestigkeit, weich	11—13	28—30
Linearer Ausdehnungskoeffizient	0,000027	0,00001698

An dieser Stelle sei ein kurzer Abriß der Darlegungen H. Schmitt's gegeben. Beginnend bei der mechanischen Beanspruchung der Leitungen durch Eisengewicht und Kurzschlußströme zeigt sich, daß bei Verwendung von Leichtmetall die Beanspruchung des Gerüstes naturgemäß heruntergeht. Untersucht wurde dabei, wann

28) H. Schmitt, a. a. O. S. 5.

eine Aluminiumschiene bei gleicher Stützweite einer gegebenen Kupferschiene in Bezug auf Biegungswiderstand gleichwertig ist. Aus der Untersuchung ergab sich, daß die Aluminiumschiene in Höhe und Breite 1,32 mal so groß wie die gegebene Kupferschiene sein muß. Es zeigte sich, daß leitwertgleiche Stromschienen auch die gleiche Biegungsfestigkeit besitzen. Hat aber der Aluminiumleiter den gleichen Leitwert wie der Kupferleiter, wählt man also eine Durchschnittsvergrößerung um 63%, so beträgt die Erwärmung des Aluminiumleiters 83% von der des Kupferleiters. Es ergibt sich also hieraus ein großer Vorteil des Leichtmetalleiters. Wichtig ist weiterhin der Vergleich über das Verhalten der Leitungswerkstoffe gegenüber der Erwärmung durch Kurzschlußströme. Sie werden dadurch gefährlich, daß sie hohe mechanische und dynamische Kräfte der Anziehung und Abstoßung der Leiter voneinander auslösen können. Der Biegewiderstand der Leiter reicht dann nicht mehr aus und die Leitungen werden verbogen. Dazu kommt noch, daß sich infolge der Wärmewirkung der Kurzschlußströme die Leitungswerkstoffe entfestigen, sodaß unter Umständen ein völliges Weichglühen bereits innerhalb der Kurzschlußzeit auftreten kann.

Vergleicht man unter diesen Gesichtspunkten die beiden Werkstoffe, so ergibt sich folgendes: bei leitäquivalenten Querschnitten verhält sich Aluminium günstiger als Kupfer in der Frage der Erwärmung der Leiter durch Kurzschlußströme. Man rechnet für Kupfer mit einer im äußersten Fall noch zulässigen Uebertemperatur durch Kurzschlußströme von 300°. Unter gleichen Kurzschlußverhältnissen hat sich aber eine Aluminiumschiene erst auf 200° erwärmt. Leiter aus Leichtmetall sind also Kurzschlußströmen gegenüber weitaus aufnahmefähiger. Diese Erkenntnis ist sehr wichtig und stellt einen bedeutsamen Vorteil des Aluminiums gegenüber dem Kupfer dar. Bei der Wahl eines Querschnittes, der etwa doppelt so groß ist als der des Kupfers, könnte man noch wesentlich größere Kurzschlußleistungen beherrschen. Aluminium ist also weit aufnahmefähiger für betriebsmäßige Ueberströme und Kurzschlußströme als Kupfer und eine Beherrschung der Kurzschlußverhältnisse mit Aluminiumschienen ist auch bei modernen Großstationen sehr gut möglich.

Da im Gegensatz zu anderen Metallen die Verbrennung des Aluminiums mit geringer Rauchentwicklung erfolgt und die Rückstände selbst nicht leitend sind, so stellt das einen unschätzbaren Vorteil dar bei Lichtbogenzündungen, wo die Gefahr des Weiterumsichgreifens des Kurzschlusses besonders in umbauten Anlagen erheblich geringer wird als bei Kupfer. Diese Eigenschaft des Aluminiums war weiterhin auch schon der Anlaß zur Verwendung derselben bei Schmelzsicherungen.

Die Kontaktverhältnisse sind heute beim Aluminium vollkommen erforscht und man ist ohne Weiteres in der Lage, den Übergangswiderstand beim Aluminium dauernd in den Grenzen zu halten, die bei Kupferkontakten auftreten. Die natürliche Oxydhaut des Aluminiums ist unentbehrlich, stellt aber bei der Verwendung für elektrische Kontakte ein erhebliches Hemmnis dar. Die bekannteste Art, die Kontaktwiderstände zu beseitigen oder zu verringern, ist die Verkupferung der Aluminiumkontakte. Die Schwierigkeiten, die besonders bei der Verkupferung zu überwinden sind, werden hervorgerufen durch die immer wieder neuentstehende natürliche Oxydhaut, die leicht sich bildende Gasentwicklung an der zu verkupfernden Oberfläche, die Angreifbarkeit des Metalls von Seiten der Elektrolytlösungen sowie der leicht eintretenden Korrosionen auf Grund der in den Poren des Metalls zurückgebliebenen Elektrolytbestandteile und schließlich durch die verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten von Aluminium und Kupfer. Ein von Dr. Ginsberg[29]) erläutertes Verfahren erreicht durch eine anodische Vorbehandlung die künstliche Bildung einer Oxydschicht. Diese gibt einerseits für den galvanischen Überzug einen guten Halt und ermöglicht andererseits, daß der Kupferüberzug innigen Kontakt mit dem Grundmetall erhält. Die nach anodischer Vorbehandlung erzeugte Kupferschicht hielt selbst stärkster mechanischer Beanspruchung stand.

Der Vorteil der Verkupferung ist, daß man den Kontaktwiderstand bis auf geringe Streuungen durch die Wahl des bestgeeigneten Verkupferungsverfahrens in der Hand hat. Die günstigsten Verfahren der Verkupferung sind hierbei die Behandlung der Kontaktfläche in neutralem Kupfersulfatbad mit anodischer Vorbehandlung oder die gleiche Methode, jedoch auf Zinkunterlage angewandt[30]). Läßt sich am Ort der Montage die Verkupferung nicht vornehmen, so besteht auch die Möglichkeit, durch die Anwendung einer Spezialpaste aus einem scharfkantigen, in Fett eingebetteten Metallgries die Oxydhaut auf den Kontaktflächen zu zermürben. Eine andere Möglichkeit der Verringerung des Kontaktwiderstandes besteht in der Verwendung von „Cupal". Unter Cupal versteht man Walzfabrikate, die aus einem Aluminiumkern bestehen, der mit einer dünnen Schicht gewalzten Kupfers einseitig oder zweiseitig plattiert ist. Die Plattierung geschieht auf dem Wege des Walzens[31]). Die Verbindung zwischen den beiden Metallen ist so

29) Dr. H. Ginsberg-Lauta, Verkupferung von Aluminium für Kontaktzwecke. Hausztschr. April 1930, H. 1, S. 24/27.

30) H. Schmitt u. P. Wulff, Der Aluminiumkontakt. In Hausztschr. April 1930, H. 1., S. 28/33.

31) H. Schmitt u. P. Wulff, D. Verwendbarkeit von Cupal für Kontaktzwecke, in Hausztschr. Juli/Aug. 1931, H. 7/8, S. 262/265.

fest, daß sich die Kupferschicht auch bei einer Dehnung des Aluminiumkerns erst kurz vor dem Bruch ablöst. Sie widersteht auch den Kräften der Wärmeausdehnung der beiden Werkstoffe bis zu hohen Temperaturen. Es beträgt der Uebergangswiderstand zwischen Plattierung und Kernmetall nur soviel an Spannungsabfall wie der in einem 15 cm langen Stück Kupferseil von 120 qmm Querschnitt. Es ist danach auch hier eine Möglichkeit geschaffen, ein Kontaktmaterial zu verwenden, das in vollem Maße schwierige Kontaktmaterial zu lösen vermag und die Vorteile des Aluminiums auszunutzen imstande ist.

Von Vorteil ist dabei die Schweißbarkeit des Aluminiums, die heute sogar am Ort der Montage ausgeführt werden kann. Auch die Montage selbst gestaltet sich einfach, da die Transportarbeiten und die Anbringung der Leitungen infolge des geringen Gewichtes wesentlich erleichtert werden. So geht aus dem Gesagten hervor, daß die Verwendung von Aluminium im Schaltanlagenbau zweifellos gerechtfertigt ist und die jahrzehntelangen Erfahrungen der Praxis bestätigen die angeführten Versuche. Die Erwärmung der Leitungen bei Normalstrom und auch bei Kurzschlußströmen ist geringer als bei Kupferleitungen und auch die Verhältnisse in Bezug auf die Kontakte können so gewählt werden, daß sie denen des Kupfers kaum nachstehen.

c) Elektrolytische Oxydation von Aluminium.

Das schon mehrfach erwähnte Oxydationsverfahren, das in Deutschland unter dem Sammelnamen „Eloxal"-Verfahren betrieben wird, stellt ein elektrolytisches Oberflächenverfahren mit verschiedenen Verfahrensmöglichkeiten dar, durch welches das Aluminium und seine Legierungen eine künstlich verstärkte Oxydschicht erhalten, die außerordentlich innig mit dem Grundmetall verwachsen ist. Durch die Anwendung der verschiedenen Verfahrensarten hat man es in der Hand, für den jeweiligen Verwendungszweck die besonders wichtigen Eigenschaften zu steigern.

Da die Oxydationsschicht aus dem Material selbst besteht, blättert es z. B. bei Biegung nicht ab. Das gilt sowohl für die dünnsten wie auch die stärksten Schichten ⟨0,01—0,08 mm⟩. Das Aluminiumoxyd ist ein mineralischer, im allgemeinen kristallinischer Stoff, dessen Härte durch Aenderung der Herstellungsbedingungen bis zur Härte des Korunds gesteigert werden kann. Die Erzeugung weniger harter Schichten ist ebenfalls möglich und diese eignen sich wiederum besser als Schutzschichten für biegsame Gegenstände. Beim Reinaluminium ist die Variationsfähigkeit der Oxydschicht in Bezug auf Stärke und Härte am größten. Dann folgen die kupferfreien und siliziumarmen Legierungen, während am weichsten die Oxyd-

schichten auf den stark schwermetallhaltigen und siliziumreichen Legierungen sind. Interessant ist eine Gegenüberstellung der Materialprüfungsanstalt des Lauta-Werkes von Eloxal- und Chromüberzügen auf Reinaluminium. Die vergleichenden Härtemessungen geschahen durch Ritzen mit einer Stahlnadel unter einem Winkel von 60° und einer Nadelbelastung von 47,5 g[32]).

Probe	Schichtstärke in mm	Ritzbreite d. pol. Proben
Reinal.-Blech, hochglanzverchromt	0,02	0,012
„ m. weich. Eloxalschicht	0,01	0,07
„ m. harter „	0,06	kein Riß entstanden

Von den verschiedenen chemischen Eigenschaften der Oxydationsschicht soll in einem späteren Abschnitt noch näher die Rede sein. Im Augenblick interessieren nur die speziellen elektrotechnischen Eigenschaften und zwar die elektrische Isolierfähigkeit. Eloxalschichten stellen eine neue Isolierschicht dar, die sich durch hohe Temperaturbeständigkeit und Unverbrennbarkeit auszeichnet. Die härtesten Eloxalschichten besitzen gleichzeitig die höchsten Durchschlagsfestigkeiten. Dagegen ist bei Drähten und Bändern, also bei weicherem Material auch die Eloxalschicht nicht so stark. Aber durch nachträgliche Imprägnierung läßt sich auch auf dem biegefähigen Material eine Erhöhung der Durchschlagsfähigkeit z. B. durch Nachbehandlung mit Bakelitlack, erreichen.

Hier ergibt sich eine neue Art der Verwendung von Aluminium als aktives Material in der Elektrotechnik. Seit längerer Zeit schon werden Spulen mit Aluminiumwicklung für verschiedene technische Verwendungszwecke angefertigt. Die Aluminiumspule hat bei gleicher Leitfähigkeit nur das halbe Gewicht wie die Kupferspule und eine hohe Lebensdauer. Eine Aluminiumspule, die in ihren Lagen gegeneinander isoliert ist und durch einen noch mit Bakelitlack imprägnierten Isolationsstoff festgelegt wird, ist erschütterungsfest und bildet gleichsam ein massives Ganzes. Auf Grund der isolierenden Eloxalschicht, die bei hoher Wärmebeständigkeit unverbrennbar ist, können Spulen weitgehend überlastet werden. Nun beanspruchen Spulen mit dieser Isolation nur noch den gleichen Raum wie Spulen aus faserisolierten Kupferdrähten, d. h. der grössere Querschnitt beim Aluminium zwingt nicht mehr zu einer Vergrößerung der Spulen, da die nur Bruchteile von mm starke, aus dem Leichtmetall selbst bestehende isolierende Oxydschicht tatsächlich überhaupt keine Verstärkung des Drahtes bedeutet, während der Kupferdraht durch die Umspinnung mit Isoliermasse an Querschnitt zunimmt. Früher konnten diese oxydisolierten Aluminiumwicklungen nur für Gleichstromspulen verwendet werden, während man

32) H. Schmitt u. L. Lux: Technische Anwendungsmöglichkeit des Eloxal-Verfahrens. In „Aluminium", Dez. 1934, S. 191/194.

heute stärkere und festere Oxydschichten erzielen kann, die auch eine Anwendung für Wechselstromspulen, vor allem in Straßenbahnbau für Bremsmagneten, Weichenstellspulen u. dgl., die Erschütterungsfestigkeit, Wärmeüberlastbarkeit und Unverbrennbarkeit verlangen, zulassen[33]).

In diesem Zusammenhang seien die Maßnahmen der Berliner Verkehrsgesellschaft erwähnt, die mit Rücksicht auf die volkswirtschaftliche Bedeutung der Mehrverwendung von Aluminium sich entschlossen hat, dieses Material in verstärktem Maße zu verwenden. Zunächst wurden Versuche mit Aluminiumspulen an Teilen der elektrischen Ausrüstung der Straßenbahnwagen vorgenommen. Da die Raumverhältnisse hierbei eine sehr große Rolle spielen, so konnten nicht überall die Spulen aus Aluminium hergestellt werden, wo an sich grundsätzlich eine Eignung dafür dagewesen wäre. Ausgewechselt wurden die Blasspulen der Straßenbahnschalter, die Bremsmagnetspulen der Anhänger, ebenso machte man Versuche des Ersatzes im Fahrleitungsbau, die jedoch Grenzen in der Verwendungsmöglichkeit von Aluminium aufwiesen[34]).

Aluminium kommt als Wicklungsmaterial in elektrischen Maschinen überall da in Frage, wo es sich um eine Verringerung der Fliehkräfte handelt, die ja von der Masse der Wicklung abhängig sind. Darunter fallen z. B. Läuferwicklungen von Turbogeneratoren mit hohen Drehzahlen. Aber auch bei ruhenden Wicklungen ist die Verwendung von Aluminium vom Vorteil, besonders wenn für die Leitung von Strömen großer Stärke entsprechend große Querschnitte erforderlich sind. Der Vorteil äußert sich hierbei in einer erleichterten Montage infolge des verminderten Gesamtgewichtes der Maschine. Ueberall aber, wo hohe Temperaturen zu beherrschen sind, ist auch eine Verwendung oxydisolierter Aluminiumwicklungen zu empfehlen. Ein Musterbeispiel bildet hier der Lasthebemagnet mit Aluminiumwicklung, dessen Gewicht bei gleichem Gesamtwiderstand geringer als das der Kupferausrüstung ist. Dadurch aber wird die Zulassung größerer Nutzlasten ermöglicht. Da der Schmelzpunkt der Oxydschicht etwa bei 2000° C liegt und man die Aluminiumleitungen mit Rücksicht auf den Erweichungs- und Schmelzpunkt des Metalls bis zu etwa 400° C gebrauchen kann, ist der oxydisolierte Aluminiumleiter dem faserisolierten Kupferleiter überlegen, der eine Erhitzung nur etwa bis 200° C zuläßt. Aluminiumwicklungen können also auch für solche Fälle verwendet werden,

33) H. Schmitt: Aluminium als Baustoff in der Elektrotechnik. In „Elektrizitätswirtschaft" (Mitteilg. d. Vereinigung d. Elektrizitätswerke E. V.), Berlin, 1933, Nr. 6.

34) W. Benninghoff: Aluminium als Baustoff für die elektrische Ausrüstung der Straßenbahnen. In VDI Zeitschrift Bd. 78, Nr. 47, S. 1385.

wo hohe Temperaturen herrschen. Das gilt vor allem beim Bau von Lastmagneten, die für heißes Material zur Anwendung kommen[35].

Weiterhin ist es gelungen, Drehstrommotoren mit oxydisolierter Aluminiumwicklung zu bauen, wenngleich man dabei mit einer Heraufsetzung der zulässigen Temperatur rechnen muß. Aber gerade für Spezialzwecke, wo Motorenarbeit bei ungünstigen thermischen Verhältnissen ausgeführt werden muß, eröffnet die oxydisolierte Aluminiumwicklung noch große Aussichten.

Die Oxydation bietet aber nicht nur für die aktiven Teile, sondern auch für die passiven, nicht leitfähigen Bestandteile der elektrischen Maschinen eine Anwendungsmöglichkeit. Mit Vorteil wurde z. B. die Oxydation für passive Elemente, wie Bürstenkästen von Gleichstromgeneratoren, verwendet[36].

d) Aluminium im Freileitungsbau.

Als vor etwa 60 Jahren die Elektrotechnik ihren Aufschwung nahm, da war das Aluminium noch nicht zu einem Preise herstellbar, der es ihm ermöglicht hätte, in größerem Umfange zur Anwendung zu kommen. Das Kupfermonopol in der Elektrotechnik entstand aus dem Mangel an einem anderen, vollwertigen Leitungsmetall. Langsam erst gelang es dem Aluminium, sich einen Platz neben den anderen Metallen zu erobern und damit auch dem Kupfer auf dem Gebiete der Elektrotechnik den Rang streitig zu machen. Für Deutschland war der Weltkrieg der Bahnbrecher für eine nationale Aluminiumerzeugung, die allerdings erst mit den letzten Kriegsjahren 1917/18 mit einer Produktion von 11000—13000 t jährlich einzetzte. Im Jahre 1917, z. Zt. des größten Kupfermangels, wurde zum ersten Mal Aluminium in größerem Ausmaß für Freileitungen verwendet. Die älteste deutsche Aluminiumleitung dürfte allerdings die 22 kV/Drehstromleitung im Dillkreis sein, die seit dem Jahre 1909 im Betrieb ist und sich bis heute gut bewährt hat[37]. Besonders viel Aluminiumleitungen wurden im Jahre 1923 verlegt. Sie betrugen 2200 km gegenüber nur 900 km verlegten Kupfer- und Bronzeleitungen[38]. Vergleicht man diese Zahlen mit den von 1922, so ergibt sich bei ungefähr gleicher Gesamtlänge der verlegten Leitungen eine Steigerung des Anteils von Aluminiumleitungen von 40 auf 70%. Aber gerade der Einbau von Aluminiumleitungen in der Nachkriegs- und Inflationszeit hat sich nicht bewährt. Der Grund lag darin, daß in den Jahren nach dem Kriege weniger

35) Mitteilg. d. Ardeltwerke G. m. b. H. Eberswald, a. d. Verf.

36) Näheres s. b. H. Schmitt, Verwendung von Aluminium i. d. Elektrotechnik, a. a. O. S. 260.

37) Elektrotechnische Zeitschrift (ETZ) Jg. 55, (1934) H. 7, S. 169.

38) H. Wiesthaler, Freileitungen aus Aluminium und Aluminiumlegierungen. In VDI Zeitschr. Bd. 79 (1935) Nr. 4 S. 105/110.

neues Hüttenaluminium verwendet wurde, sondern größtenteils Umschmelzmaterial, das aus Rest- und Altbeständen der Kriegsindustrie massenhaft auf dem Markt angeboten wurde. Das umgeschmolzene Aluminium hat aber nicht die Reinheit wie das neu verhüttete Metall. So traten auch häufig Versager durch Reißen und Korrodierungen der Leitung auf. Die Folge war ein Rückgang in der Verwendung von Aluminium, zumal auch Kupfer wieder in genügendem Maße nach Deutschland hereinkam. Erst im Jahre 1929 setzte wieder eine Mehrverwendung von Aluminium für Freileitungen ein, da die damaligen Preisverhältnisse für Kupfer und Aluminium eine Ersparnis bei der Verwendung von Aluminium brachten. Als aber mit dem Jahre 1930 der Kupferpreis stark zu sinken begann und die günstige Preisdifferenz für Aluminium wieder verschwand, trat die Verwendung von Kupfer mehr und mehr in den Vordergrund. Der starke Rückgang in der Verwendung von Aluminium im deutschen Freileitungsbau wiegt aber um so schwerer, als wir es uns nicht leisten konnten, Kupfer zum Bau von Freileitungen einzuführen, während ein fast ausschließlich im Inland erzeugtes Metall ungenutzt blieb.

Das Ausland, vor allem England und Amerika, also Länder, die selbst über große Kupfervorkommen im eigenen Lande oder in den Kolonien verfügen, haben in ganz anderer Weise das Leichtmetall zum Bau ven Freileitungen verwandt. Die Vereinigten Staaten und England verwandten für ihre neuzeitlichen Leitungsbauten sogar vorwiegend Aluminium. Die Gesamtlänge des 220 kV Netzes der Vereinigten Staaten und Kanadas beträgt 17430 km, davon bestehen 2310 km aus Kupferleitungen = 13% und 15120 km = 87% aus Leichtmetall — vorwiegend Stahlaluminiumleitungen. Seit 1926 hat England eine planmäßige Gestaltung seiner Elektrizitätswirtschaft vorgenommen und ein Elektrizitätsamt geschaffen, das den Bau eines das ganze Land überziehenden Hochspannungsnetzes, das „National Grid" planen und fördern soll. Heute ist dieses System fertiggestellt worden. In den 132 kV Teilen des National Grid wurden insgesamt 21750 km Seil eingebaut und zwar ausschließlich aus Stahlaluminium.

Das Urteil der obersten englischen Elektrizitätsbehörde, des Central Electricity Board, lautet sehr positiv über die Verwendung von Stahlaluminiumleitungen[39]). Man rechnete wegen der beengten Struktur des Landes damit, daß es schwierig sein würde, die Wegerechte für die Masten zu erhalten. Wichtig war deshalb, daß man große Spannweiten erreichen konnte. Für die 132 kV Leitungen wurden sie mit etwa 270 m bemessen. Dafür aber erschienen

39) Zitiert in Metallwirtschaft, Jg. XIII, Hf. 24, S. 435/37. (Aluminium im Freileitungsbau des Auslandes.

Stahlaluminium-Leitern sowohl wirtschaftlich als auch allgemein technisch am besten geeignet. Die Bewährung war die gleiche wie bei Kupferleitern. Hierbei ist allerdings zu bemerken, daß z. Zt. der Verlegung dieser Leitungen das Aluminium vorwiegend in England selbst erzeugt wurde, während man das Kupfer einführen mußte. Inzwischen aber hat sich England durch den Ausbau der kanadischen und rhodesischen Kupfervorkommen zu einem der größten Kupfererzeuger entwickelt, sodaß es aus wirtschaftlichen Gründen heute zweifellos gerechtfertigt erscheint, wenn England wieder von der Aluminiumverwendung abgeht. Diese Tatsache spricht also keineswegs gegen die Verwendbarkeit des Leichtmaterials.

Auch in Italien zeigen sich heute sehr starke Ansätze einer Politik der stärkeren Aluminiumverwendung, ja geradezu die Tendenz, dieses Leichtmetall zum Nationalmetall zu erklären, Bestrebungen, wie wir sie unausgesprochen auch in der Schweiz wiederfinden. Wirtschaftliche Gesichtspunkte bestimmen in Italien die Politik gegenüber dem Aluminium. Dieses Metall wird 100%ig im Inland erzeugt, während die Vorkommen anderer Metalle sehr spärlich sind, oder die Kupfer fast vollkommen eingeführt werden müssen. Behörden und Industrie propagieren die Verwendung von Aluminium. So finden wir eine starke Anwendung dieses Metalls und seiner Legierungen z. B. bei den Staatsbahnen für die verschiedenen Zwecke (Waggonbau, Maschinen- und Gehäusebau u. a. mehr). Für die Freileitungen werden, soweit Hochspannungsleitungen bei der Staatsbahn in Frage kommen, 2 metallige Leitungen verwendet. Das sind Leitungen, die aus Aluminium mit einem Stahlkern oder aus Kombinationen von Aluminium und Stahl bestehen. Für Hochspannungen bis 60000 V wird die Legierung Aldrey benutzt. So wird der durchschnittliche Absatz von Aluminium auf dem italienischen Markt in Höhe von 11000 t jährlich zum erheblichen Maße von den Staatsbahnen aufgenommen[40].

In Europa waren bis Mitte 1934 allein an Aldreyleitungen 15000 km verlegt worden mit einem Gesamtgewicht von 5200 t. Deutschlands Anteil betrug daran 1900 km, die Schweiz war mit 2100 km, Spanien mit 3400 km und Italien sogar mit 4300 km beteiligt[41]. Diese Tatsachen lagen vor, als im Frühjahr 1934 die Fachgruppe 21 des Reichsverbandes der elektrotechnischen Industrie von der Reichsregierung aufgefordert wurde, zu der Frage der Einschränkung des Kupferverbrauchs im Freileitungsbau Stellung zu nehmen. Das Ergebnis der Beratungen waren die Verwendungsverbote von Kupfer im Bau von Freileitungen, die im Kapitel VI

40) Näheres s. in „Aluminium" Sept. 1934, S. 60.
41) H. Wiesthaler, a. a. O.

noch näher gewürdigt werden. Damit aber wurde eine neue Epoche in der Aluminiumverwendung eingeleitet.

Aluminium ist heute vom Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) für Starkstromfreileitungen nur in Form von Seilen zugelassen. Diese Seile sind entweder aus Reinaluminium, Stahlaluminium oder Aldrey. Im Ausland sind bereits heute Schwachstromleitungen aus Aluminium und Aldreydrähten gebaut worden und die deutsche Reichspost plant ebenfalls Versuche mit solchen Drähten.

Für Reinaluminium- und Stahlaluminiumseile darf nur Original-Hüttenaluminium von 99,5% Reinheitsgehalt verwendet werden. Die Verunreinigungen dürfen durch Eisen, Silizium, Kupfer und Zink erfolgen, wobei der Anteil an Kupfer und Zink 0,05% nicht überschreiten darf. Weiterhin muß die Prüffestigkeit der aus dem Seil entnommenen Drähte 18 kg/qmm betragen und der Bestimmung des OHm'schen Widerstandes wird eine Leitfähigkeit von rund 32 m/Ohm qmm zu Grunde gelegt. Seit ungefähr einem Jahr liefern nun die deutschen Aluminiumhütten ein Metall von besonderer Reinheit. Es ist gelungen, den Siliziumgehalt, der ursprünglich etwa 0,15% betragen hat, auf 0,07% zu senken. Dadurch steigt die Leitfähigkeit im hartgezogenen Draht auf etwa 35 m/Ohm qmm. Dagegen sinkt die Festigkeit etwas, sodaß bei Drähten von 3 mm und darüber die bisher erreichte Festigkeit von 18 kg/qmm nicht mehr erzielt werden kann. Aus diesem Grunde wurde auch eine neue Fassung der Formblätter in Aussicht genommen, sodaß die Festigkeit von 18 kg/qmm nur für Drähte unter 3 mm eingehalten werden muß.

Mit dem Herabsetzen des Siliziumgehaltes beim Aluminium wird die Korrosionsbeständigkeit gesteigert. Da Freileitungen den Einflüssen der Atmosphäre unmittelbar ausgesetzt sind, müssen hierfür Werkstoffe von größter Korrosionsbeständigkeit verwendet werden. Einen umfassenden Versuch zur Erforschung der Korrosionsbeständigkeit aller Aluminiumfreileitungswerkstoffe stellt die Aluminium-Demonstrationsleitung der Vereinigten Aluminiumwerke auf der Insel Sylt dar[42]. Die Untersuchung der Ursache von Schäden aus der Nachkriegszeit stammender Aluminiumleitungen, die bei einem Elektrizitätswerk in der Nähe der Nordseeküste aufgetreten waren, gaben den Anlaß zum Bau dieser Leitung. Durch den nur selten aussetzenden scharfen Wind auf der Insel ist die mechanische Beanspruchung der Leitungen außerordentlich groß. Der Grundgedanke war, eine Freileitung zu errichten, die in Bauart und Betrieb von normalen Freileitungen möglichst nicht abwich. Die verlegten Seile verschiedener Werkstoffe sollten etwa 5 Jahre liegen gelassen und

42) Die Aluminium-Demonstrationsleitung auf Sylt. S. Hauszeitschrift Heft 1/2, April/Mai 1929, S. 31/42.

ihr Verhalten beobachtet werden. Mit dem Bau der Leitung wurde im September 1926 begonnen und die Inbetriebnahme erfolgte Ende Oktober desselben Jahres. Die Strecke hatte eine Gesamtlänge von 1 km. Mehrere Jahre war die Leitung in Betrieb und die verschiedenen Freileitungswerkstoffe wurden in Bezug auf ihre Korrosionsbeständigkeit allen denkbaren Prüfungen unterworfen. Die Versuche haben gezeigt, daß Aluminium und Aldrey korrosionsbeständig und teilweise dem Kupfer überlegen sind. Bei dieser Versuchsstrecke und auch bei anderen vorgenommenen Untersuchungen hat sich aber herausgestellt, daß die Korrosionsbeständigkeit von Aluminium und Aldreyleitungen nur dann gewährleistet ist, wenn Werkstoff und Verarbeitung einwandfrei sind. Das gilt vor allem von den Verunreinigungen durch Schwermetalle, besonders durch Kupfer. Denn Kupfer und Aluminium bilden unter dem Einfluß der Luftfeuchtigkeit Lokalelemente, die eine schnelle elektrolytische Korrosion herbeiführen. Von Einfluß ist auch die Oberfläche der Drähte, indem sich eine glatte Drahtoberfläche gegenüber den atmosphärischen Einflüssen günstiger verhält als eine rauhe[43]).

Zur Verwendung als Freileitungswerkstoffe kommen außer Kupfer und Bronze Reinaluminium, Stahlaluminium, Aldrey sowie Kombinationen von Stahl und Aldrey und Reinaluminium und Aldrey in Frage. Die Festigkeitswerte sind

bei Kupfer	40	kg/qmm
„ Rein. Al.	18	„
„ Aldrey	30	„
„ Stahlal.	120	„

Die Mindestbruchfestigkeit (kg/qmm) beläuft sich für[44])

Stahlal.	29,3	Seilgewichtsverhältnisse z. Gewicht	75 %
Stahlaldrey	38,6	eines leitwertgleichen Kupferseils	84 „
Aldrey-Al.	17,7	betragen in %	50 „
Al.	16,2		49 „
Aldrey	27,0		56 „

Stahlaluminiumseile bestehen aus einem Kernseil aus Stahldrähten und 2—3 darüber verseilten Mantellagen aus Aluminiumdrähten. Für kleinere Querschnitte wird als Kern nur ein Stahldraht verwendet. Diese Bauart war bis vor kurzem fast nur in Amerika üblich, sie ist aber auch in das neue Normblatt DIN VDE 8 202 aufgenommen worden[45]). Das Verhältnis Stahlquerschnitt: Aluminiumquerschnitt ist bei dem von VDE genormten Seilen 1 : 6, bei einem Stahldraht als Kern haben dann die Aluminiumdrähte den gleichen Durchmesser wie dieser Draht. Bei

43) H. Wiesthaler, a. a. O. S. 106.
44) dto.
45) ETZ, Bd. 55 (1934), S. 1016.

größeren Querschnitten sind die Durchmesser der Aluminiumdrähte größer als die der Stahldrähte. 2/3 der Beanspruchung wird beim Stahlaluminium durch die Stahlseele getragen. Der Wärmeausdehnungskoeffizient des Aluminiums ist doppelt so groß wie der des Stahls. ⟨0,000023 : 0,000011⟩ Die Dehnung ist aber nur halb so groß ⟨2 – 3 : 4%⟩. Es ist zu befürchten, daß bei großen Temperaturverschiebungen mit der Zeit mechanische Defekte entstehen können. Durch Schneelast kann z. B. eine bleibende Dehnung des Aluminiums hervorgerufen werden, sodaß durch die spätere Entlastung eine „Aufkorbung" der Drähte eintritt, die eine Korrosion der Stahlseele zur Folge hat. Das Gewicht eines Stahlaluminiumsseiles beträgt etwa das 1,6 fache eines leitwertgleichen Aluminiumseiles. Die Montage ist wegen der Steifheit der Seile erschwert, sodaß diese Lösung keineswegs als ideal bezeichnet werden kann. Trotzdem aber war gerade die Verwendung von Stahlaluminiumseilen im Freileitungsbau des Auslands am häufigsten, während Deutschland mehr Reinaluminiumleitungen verlegte. Heute tritt dagegen mehr die Aluminiumlegierung Aldrey im Ausland wie in Deutschland in den Vordergrund. In letzter Zeit hat sich allerdings in Deutschland auch ein großer Verbraucher, die Reichsbahngesellschaft, dazu entschlossen, für wichtige Leitungsbauten, Stahlaluminiumseile, zu verwenden[46]⟩. Es handelt sich dabei um die Bahnstromfernleitungen Landshut-Treuchtlingen. Diese Leitung von insgesamt 100 km Länge wurde im Juli 1934 begonnen und sollte im Dezember 1934 fertiggestellt sein.

Da die heutige Leitungsbauweise aus wirtschaftlichen Gründen große Spannweiten und hohe Verlegungsspannungen für die Seile bevorzugt, so wird dadurch das Entstehen hochfrequenter Seilschwingungen begünstigt. Um aber nicht auf die Vorteile des Weitspannsystems verzichten zu müssen, sah man sich gezwungen, zusätzliche Mittel für die Beseitigung der Seilschwingungen zu schaffen. Bekannte Schwingungsdämpfer sind der Schwinghebeldämpfer des Lauta-Werkes und die Blattfedereinlage der Firma J. W. Hofmann, Kötzschenbroda.

Da diese Vorrichtungen eine Energievernichtung außerhalb des Seiles bewirken, hat man versucht, die Energievernichtung in das Seil hinein zu verlegen. Eine Lösung fand dabei die AIAG/Neuhausen ⟨Schweiz⟩[47]⟩. Es handelt sich dabei um ein hohlgeschlagenes Seil, in das ein Einzeldraht — meist Stahldraht — eingezogen wird. Der Durchmesser dieses eingezogenen Drahtes ist geringer als der Höhlungsdurchmesser des Seiles. Kern und Hohlseil werden bei der Verlegung gesondert gefaßt. Wird nun das Seil zu Schwingungen

46⟩ Zitiert in: „Aluminium" Sept. 1934, S. 39.
47⟩ „ „ „ März 1935, S. 142.

angeregt, so findet eine Relativbewegung zwischen Seele und Hohlseil statt, die gegeneinander schlagen und dadurch die Schwingungsenergie vernichten. Die Versuche, die mit diesen Seilen gemacht wurden, sind noch nicht völlig abgeschlossen, sodaß Endgültiges über die Bewährung nicht gesagt werden kann.

Der Leitungswerkstoff, der sich in den letzten Jahren am stärksten durchgesetzt hat, ist das Aldrey. Bisher haben die Aluminiumlegierungen nebst einer Erhöhung der mechanischen Festigkeiten immer eine Verringerung der elektrischen Leitfähigkeit gebracht. Beim Aldrey ist es nun gelungen, durch Hinzulegieren geringer Mengen Magnesium eine Begrenzung des stets vorhandenen Silizium- und Eisengehaltes herzustellen und durch geeignete Wärmebehandlung und Kaltbearbeitung eine wirtschaftlich vorteilhafte Leichtlegierung mit hoher Festigkeit, guter Korrosionsbeständigkeit und gegenüber Reinaluminium nur wenig verminderter Leitfähigkeit herzustellen.

Die genauen Daten über Leitfähigkeit und Zugfestigkeit sind bereits erwähnt worden. Aldrey hat gegenüber dem Reinaluminium den Vorteil der höheren Wärmefestigkeit. Temperaturen von 70 bis 90° (Sonnenwärme und Stromwärme) vermindern bereits die Festigkeit von Aluminium. Aldrey erweicht sich erst bei Temperaturen von über 120° und dann erst nach über 100 stündiger Betriebsdauer[48]). Ein solcher Fall kommt im Freileitungsbau praktisch natürlich überhaupt nicht vor. Gegenüber den Kupferleitungen und auch gegenüber Stahlaluminiumleitungen gestatten die festen und leichten Aldreyleitungen eine Ersparnis an Drahtmasten und Fundamenten. Ein aus Aldrey bestehendes Seil ist um etwa 44% leichter als ein leitwertgleiches Kupferseil, während ein Stahlaluminiumseil nur um etwa 25% leichter ist. Desgleichen beträgt die Reißlänge, die bei Kupfer nur 4500 und bei Stahlaluminium 9400 m beträgt, bei Aldrey über 11000 m. Infolgedessen sind die Durchhänge geringer und die Masten können entweder niedriger, leichter und deshalb billiger ausfallen oder aber die Spannweite kann vergrößert werden, wenn man den gleichen Durchhang wie z. B. bei Kupfer, zulassen will.

Durch die Vorschriften der Ueberwachungsstelle für unedle Metalle, die fast ausnahmslos Aluminium und seine Legierungen als Werkstoff für Freileitungen vorschreiben, muß mit einer Steigerung in der Verwendung von Aluminium im Freileitungsbau schon für die nächste Zeit in großem Ausmaß gerechnet werden. Auch die Elektrizitätswerke haben sich nunmehr auf Aluminium als Leitungswerkstoff umgestellt, sodaß für das laufende Jahr 1935 schon ein volles Wirksamwerden der Vorschriften eintreten wird.

48) Ernst Kocherhans: Aluminium im Freileitungsbau. In: Schweizerische Technische Zeitschrift. 1931. Nr. 31 S. 465/69.

Es ist in diesem Zusammenhang interessant, den bisherigen Stand der in Deutschland verlegten Aluminiumfreileitungen zu untersuchen. Mit dem Stand von Ende 1931 waren in Deutschland 27034 km Kraftübertragungsleitungen in den Spannungen von 30 bis 220 kV verlegt. Hiervon bestanden 61,8% aus Kupfer, 0,5% aus Bronze, 33,2% aus Reinaluminium, 2,9% aus Stahlaluminium und 1,6% aus Aldrey. Die Gesamtstreckenlänge der Leitungen von 100—125 kV machte dabei den größten Anteil der Gesamtlänge aller Leitungen aus. Bei dieser Betriebsspannung überwiegt mit 52,7% der Gesamtstrecke der Werkstoff Aluminium. Bei den Leitungen mit 55 und 80 kV macht die Streckenlänge der verlegten Aluminiumseile immer noch 32,5% der gesamten Streckenlänge aus. Zahlenmäßig ist aber die Streckenlänge der Betriebsspannungen zwischen 30 und 50 kV größer, wo die Verwendung von Kupfer mit 85% überwiegt[49].

Der Anteil von Aluminiumleitungen beträgt in Süd- und Mitteldeutschland etwa 26%, in Ostdeutschland 20%, während Nord- und Westdeutschland nur über geringe Aluminiumleitungen verfügen[50].

Abschließend kann noch auf eine weitere Verwendungsmöglichkeit von Aldrey hingewiesen werden, obwohl hierbei endgültige praktische Ergebnisse noch nicht vorliegen[51]. Es handelt sich um die Verwendung von Aldrey als Fahrleitungsdraht für elektrische Voll- und Straßenbahnen. Diese Fahrleitungsdrähte werden heute ausschließlich aus hartgezogenem Elektrolytkupfer hergestellt, das infolge seines guten elektrischen Leitvermögens wenig elektrische Verluste aufweist und in Verbindung mit einem guten Schleifbügelmaterial sich im Betrieb nur schwach abnützt. Es ist die Frage zu lösen, ob für Aldrey nun ein Schleifbügelmaterial gefunden werden kann, das den Fahrdraht nicht mehr abnützt, als dies beim Kupferdraht der Fall ist. Zu dieser rein mechanischen Abnützung kommt noch die durch Funkenbildung beim Stromübergang hervorgerufene Aufrauhung des Fahrdrahtes durch Schmorstellen, die wiederum eine verstärkte Abnützung des Schleifstückes bedingen. Es wurde nun versucht, auf einem Prüfstand diese Beanspruchungen annähernd zu erfassen, um die Verwendbarkeit von Aldrey als Fahrleitungsdraht zu untersuchen. Dabei zeigte sich, daß bei Verwendung von Aldrey-Fahrdraht sich Kohleschleifstücke mit Schmierung am besten eignen. Auch Schleifstücke aus Aluminiumkupferlegierungen mit hinreichender Schmierung ergaben ein günstiges Resultat. Schwierig

49) Die Kraftübertragungsleitungen Deutschlds. in Vergleich zu denen and. Länder. Hausztschr. 1932, H. 4/6, S. 120.

50) Vgl. „Aluminium", Mai 1935, S. 258.

51) Irrmann u. Müller: Aldrey als Fahrleitungsdraht. In „Aluminium", Nov. 1932, S. 142/147.

wird der Fall, wenn die Schmierung versagt, während z. B. Kohle das einzige Material ist, das auch ohne Schmierung noch über genügende Laufeigenschaften verfügt, wie sie der Aldreyfahrleitungsdraht braucht. Ohne Versuche in der Praxis wird man natürlich kein abschließendes Urteil fällen können.

In der letzten Zeit wurden auch Versuche mit Stahlaldreyseilen gemacht. Diese Seile sind ähnlich wie Stahlaluminiumseile aufgebaut, nur ist das Aluminium durch Aldrey ersetzt. Die Versuche mit diesen Seilen ergaben Bruchfestigkeiten von 43 kg/qmm, während für Stahlaluminiumseile der entsprechende Wert nur etwa 31 kg/qmm ist[52]).

Zu erwähnen sei auch noch das außerordentlich komplizierte Problem, der Koronaverluste an Freileitungen, die sich in einem nicht unwesentlichen Strahlungsverlust auswirken, Überschläge an den Leitungsseilen begünstigen und Störungen im Radio und Fernsprechleitungen herbeiführen. Der Strahlungsverlust elektrischer Energie tritt vor allem dann auf, wenn die Betriebsspannung die 50000 V Grenze überschreitet. Da bei den 220000 V unserer Übertragungsspannungen die Verminderung der Strahlungsverluste einen außerordentlich starken wirtschaftlichen Faktor darstellt, so hat man viele Versuche angestellt, ohne allerdings das Problem restlos zu klären. So viel aber wurde festgestellt, daß Aluminiumdrähte hinsichtlich der Beständigkeit gegenüber dem Koronaeffekt sich mindestens ebenso günstig verhalten wie Kupferdrähte[53]).

e) Verschiedenes.

Die gute Gießbarkeit und der niedrige Schmelzpunkt des Aluminiums werden z. B. bei der Herstellung der Käfige für Kurzschlußanker ausgenutzt. Neuerdings werden auch die Gehäuse von Drehstrommotoren aus Aluminiumguß hergestellt. Zur Verwendung gelangen Spritzguß und neuerdings auch Preßguß, was den Vorteil hat, daß auch Reinaluminium zur Verwendung gelangt. Ein großer Vorteil der Aluminiumgußverwendung ist die Geräuschverminderung. Motore mit Aluminiumgußgehäuse laufen praktisch geräuschlos, was für die Anwendung auf vielen Gebieten ein unschätzbarer Vorteil ist (Haushalt etc.).

Zum Zwecke der Gewichtsersparnis werden Teile von Kollektor- und Schleifarmaturen, z. B. Stütz- und Halteringe, Bürstenbrücken u. a. mehr aus Aluminium hergestellt. Besonders offenbar wird der Gewichtsvorteil bei beweglichen Maschinenteilen und den Teilen, die von Zeit zu Zeit fortbewegt werden müssen. (z. B. Abdeckschilde von Generatoren).

52) H. Wiesthaler, a. a. O. S. 10.

53) A. von Zeerleder: Einfluß von Koronaerscheinungen auf Freileitungsdrähte. In Hauszeitschrift, 1931, H. 7/8, S. 267/269.

Ein wesentlicher Vorteil, der die Verwendung von Aluminium außerordentlich erweitert, ist die Tatsache, daß Aluminium unmagnetisch ist. Als Konstruktionsmaterial wird daher Aluminium in ausgedehntem Maße verwendet werden können zum Aufbau transportabler Apparate, wie Prüftransformatoren, Eicheinrichtungen, Meßinstrumente aller Art, Gehäuse von Kopfhörern, Schalldosendeckel u. a.

Ein besonders interessantes Beispiel für ein Gerät, dessen Entwicklung überhaupt erst durch die Eigenschaften des Aluminiums möglich geworden ist, ist der Elektrolytkondensator, der heute in der Rundfunktechnik häufig verwendet wird[54]. Ganz allgemein findet Aluminium in Form von Blattaluminium im Kondensatorenbau fast ausschließlich Verwendung, da es durch die technisch leichte Herstellung auch für geringste Stärken bekannt ist und seine Gewichtsersparnis beim fertigen Kondensator sehr ins Gewicht fällt.

Ein letztes Anwendungsgebiet für Aluminium in der Elektrotechnik ist der Blitzableiterbau[55]. Von Wichtigkeit ist hier wiederum das geringe Gewicht des Werkstoffes, das die Montage sehr erleichtert. Die gute Biegbarkeit und leichte Bearbeitbarkeit im kaltem Zustande gestattet die Verlegung unter genauer Anpassung an die Gebäudeprofile. Rostfreiheit und gute Beständigkeit besonders in Gegenden mit starker Rauchgasablagerung machen das Aluminium auch hierfür geeignet. Vorsicht ist allein bei Dächern mit Kupferbelag geboten, während keinerlei Bedenken bei den Dacheindeckungen aus Zink oder verzinktem Eisenblech bestehen.

8. Weitere Verwendung der elektrolytischen Oxydation.

Ueber die Isolierfähigkeit der elektrolytischen Oberflächenbehandlung des Aluminiums wurde schon im Abschnitt 7c das Wichtigste gesagt. 1934 gelang es in Deutschland auf dem Gebiete der elektrolytischen Oberflächenbehandlung von Aluminium einen Zusammenschluß der 3 großen deutschen Firmen Siemens & Halske A.G., Berlin, Langbein-Phannhauser-Werke, Leipzig und Vereinigte Aluminiumwerke A.G., Lauta-Werk, herbeizuführen. Unabhängig voneinander hatten die genannten Firmen in den letzten Jahren Verfahren zur elektrolytischen Oxydation des Aluminiums entwickelt. Jetzt sind die Oxydationsverfahren der Firmen unter dem Kennwort „Eloxal" (Elektrisch oxydiertes Aluminium) zusammengefaßt worden und es bestehen bereits auch Verbindungen mit den Herstellern ausländischer Oxydationsverfahren[56].

54) Näheres s. Hoesch: Wirkungsweise, Bau und Verwendung von Elektrolytkondensatoren. Hausztschr. Juli-Aug. 1931, S. 270.

55) Informationsdienstblatt d. Aluminium-Zentrale Blatt 10.

56) Zitiert in „Aluminium", Sept. 1934, S. 36.

Ueber die elektrische Isolierfähigkeit wurde bereits berichtet, sodaß eine Erwähnung an dieser Stelle sich erübrigt. Weiterhin ist die Auftragung der Schicht auf das Metall bekannt. Die Eloxalschicht besteht im allgemeinen aus reinem Aluminiumoxyd, das in verschiedenen Modifikationen verschiedener Kornfeinheit erzeugt werden kann. Die Schicht selbst ist praktisch bis zu den höchsten Temperaturen unveränderlich und wird infolge der großen chemischen Widerstandsfähigkeit des Aluminiumoxyds von chemischen Agenzien kaum angegriffen. Ursprünglich ist die Schicht porös, sodaß flüssige Agenzien bis zum Grundmetall vordringen können und so die Verbindung zwischen Metall und Schicht lösen. Es sind aber Verfahren entwickelt worden, durch die man die Eloxalschichten nachverdichten kann und damit die Poren der Schicht schließt. Auf Grund ihres Adsorptionsvermögens vermag auch die Schicht Imprägnierstoffe wie Lacke, Fette, Oele und Wachse aufzusaugen. Allerdings sind die Nachverdichtungsverfahren vorteilhafter, weil der mineralische Charakter der Schicht erhalten bleibt. Durch Oxydation und entsprechende Nachbehandlung wird nun eine Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung der Atmosphärilien, gegen Wasser, Schweiß, Schmutz, Staub, Rauchgase, Alkohol, Fruchtessenzen, Fette etc. erreicht[57].

Da die Eloxalschicht keinen metallischen Charakter besitzt, erfolgt beim Gebrauch von eloxierten Geräten und Apparaten keinerlei Geschmacksbeeinflussung von Nahrungs- und Genußmitteln. Es ist weiterhin falsch, die elektrolytische Oxydation in die große Gruppe der Oberflächenveredelungsverfahren einzureihen. Die Oberflächenveredelung im allgemeinen Sinne, z. B. die Galvanisierung, widerspricht dem Grundsatz der Materialechtheit, indem eine werkstoffunechte Verbindung zwischen dem Grundmetall und einem Fremdstoff erzwungen wird. Bei der Eloxierung aber wird eine von Natur aus vorhandene Veranlagung des Aluminiums — nämlich oxydische Schutzüberzüge zu bilden — durch künstliche Unterstützung gesteigert.

Die Eloxalschicht verleiht der Oberfläche der damit überzogenen Gegenstände eine neuartige Wirkung, die von der blanken Metalloberfläche grundsätzlich unterschieden ist. Je nach der Legierung und den Oxydationsbedingungen besitzen die Oxydschichten eine messinggelbe, gelbliche oder graue Naturfarbe. Man kann auch eine farblos-transparente, silberweiß wirkende Eloxalschicht aufbringen. Die Ueberzüge können weiterhin matt, glänzend oder farbig gehalten werden. Die Färbung ist dabei übrigens nicht mit dem gewöhnlichen Anstrich zu vergleichen, da die Farbe vollkommen von der Eloxalschicht aufgesaugt wird und die gleiche Widerstandsfähigkeit wie die Schicht selbst annimmt.

57) Vgl. Aluminium-Taschenbuch, 4. Aufl. S. 102; vgl. H. Schmitt und L. Lux: a. a. O.

Das Adsorptionsvermögen der Oxydschicht ermöglicht auch noch eine andere Verwendung, wie sie z. B. die Chrysler und Lincoln Motor Comp. ausnutzen. Sie eloxieren die Kolben der Motore ihrer Luxuswagen. Die Oxydschicht auf den Kolben saugt sich voll Oel und sorgt so für eine dauernde gute Schmierung[58]).

Neuartig und interessant sind die Wärmestrahlungs- und Rückstrahlungseigenschaften der eloxierten Aluminiumflächen. Während das Wärmestrahlungsvermögen von polierten, gebeizten oder matten Aluminiumoberflächen etwa $^1/_{10}$ desjenigen des schwarzen Körpers beträgt, läßt sich durch die Eloxierung der Aluminiumoberfläche das Wärmestrahlungsvermögen bis auf etwa das 6 fache steigern[59]). Man hat es also in der Hand, lediglich durch eine Oberflächenbehandlung das Aluminium in einen der besten Wärmestrahler zu überführen. Es eröffnen sich hier ganz neuartige Verwendungsgebiete für Aluminium wie z. B. für Wärmeaustauschapparate, d. h. Radiatoren für Zentralheizungen.

Was die optischen Eigenschaften anbelangt, so läßt sich durch besondere Behandlung der Aluminiumoberflächen und nachträgliche schwache Eloxierung eine Erhöhung des Rückstrahlungsvermögens erreichen, das dann etwa dem des Silberspiegels entspricht. Die Eloxalschicht fixiert gleichsam das gewonnene Oberflächengefüge, sodaß das Rückstrahlungsvermögen so behandelter Oberflächen auch für die Dauer erhalten bleibt.

Zum Schluß sei noch ein neues Verfahren erwähnt, das die Firma Siemens & Halske entwickelt hat und unter dem Kennwort „Seo-Fotoverfahren" (Siemens-Elektor-Oxydation) in den Handel bringt[60]). Durch elektrolytische Oxydation wird Aluminium mit einer Schutzschicht gegen Korrosionen ausgestattet. Diese oxydischen Schichten sind geeignet zur Aufnahme von Silbersalzen und anderen lichtempfindlichen Stoffen und zeichnen sich durch große Haltbarkeit und vor allem Wärmebeständigkeit aus. Die Verwendung ist außerordentlich mannigfaltig, vor allem im Reklamewesen, für Beschriftungen aller Art auf Schildern, Skalen, Ziffernblättern, für Reproduktionen von Karten und Plänen usw.

9. Das MBV-Verfahren.

Zur Verstärkung der natürlichen schützenden Oxydschicht sind 2 Arten von Verfahren gegenwärtig gebräuchlich: die elektrolytischen Verfahren, deren wichtigstes — das Eloxalverfahren — eben beschrieben wurde, und die rein chemischen Verfahren, von denen

58) Zitiert in „Aluminium", Okt. 1934, S. 93.

59) Vgl. H. Schmitt, A. Jenny, G. Elßner: Das Eloxalverfahren. In VDE, Bd. 78, Nr. 52, S. 1499 ff. Vgl. E. Zurbrügg: Warum Aluminium? Schweiz. Techn. Ztschr. 1933, Nr. 15/16, S. 213 ff.

60) Zitiert in „Aluminium" Okt. 1934, S. 95.

das verbreitetste das „Modifizierte-Bauer-Vogel-Verfahren" ist. Der durch das Verfahren auf Aluminium angebrachte Überzug stellt einen wirksamen Schutz gegenüber chemischen Einwirkungen dar. Das Verfahren ist für Reinaluminium und alle kupferfreien Aluminiumlegierungen anwendbar. Die zu schützenden Gegenstände werden für die Dauer von wenigstens 5 Min. in die siedende wässrige Lösung eines leichtlöslichen Salzgemisches eingebracht. Nach Aufziehen der grauen Farbe werden die Teile mit klarem Wasser gründlichst nachgespült und zum Trocknen aufgestellt. Eine weitere wesentliche Verbesserung der chemischen Eigenschaften der Schutzschicht wird dadurch erzielt, daß man die MBV-Bindeschicht mit einer 2—5%igen Wasserglaslösung von 90—100 °C etwa 10—15 Min. lang nachbehandelt. Die Schutzschicht ist hell- bis dunkelgrau gefärbt und fällt entsprechend der Oberflächenbeschaffenheit der behandelten Gegenstände matt bis hochglänzend aus. Die Schicht ist in der Metalloberfläche fest verankert und splittert selbst bei stärkster Verbiegung des Metalles nicht ab. Die mechanische Widerstandsfähigkeit gegen Reibung ist allerdings im Gegensatz zur Eloxalschicht gering. Die niedrigen Kosten des Verfahrens sichern ihm eine große Verwendung, vor allem auf den Gebieten der chemischen und Nahrungsmittelindustrie[61]).

10. Schweißen und Löten von Aluminium.

a) Das Schweißen.

Man hat früher öfters gegen die Verwendung von Aluminium geltend gemacht, daß die Möglichkeit der Verbindung durch Schweißen oder Löten Schwierigkeiten ergäbe. Diese Argumente waren in den Anfangszeiten der Aluminiumverwendung begründet, treffen aber heute keineswegs zu. Das Schweißen von Aluminium ist heute nicht schwerer als das Schweißen von Schwermetallen. Man unterscheidet dabei die autogene Schweißung, die Hammerschweißung und die elektrische Schweißung.

Die autogene Schweißung hat sich für Reinaluminium weitgehend eingeführt. Gute Schweißpulver stellen „Autogal" und „Firinit" dar. Die Hammerschweißung geschieht durch Erwärmung und Erweichung des Metalls bis etwa 50—100° unter dem Schmelzpunkt, wobei es möglich ist, in diesem Zustand das Material homogen zusammenzuhämmern. Die elektrische Schweißung hat in letzter Zeit dauernd an Bedeutung zugenommen und wird auch vielfach mit Erfolg beim Aluminium angewandt. Man unterscheidet dabei 2 Verfahren, die auch für Aluminium anwendbar sind. Es handelt sich um die Lichtbogenschweißung und das Widerstands-

61) Vgl. „Aluminium-Taschenbuch", 5. Aufl. S. 143 ff.

schweißen. Für das Lichtbogenschweißen kommen 3 Verfahren zur Anwendung: das Kohleverfahren mit Zusatzdraht, das Metallverfahren mit umhüllter Metallelektrole und das Arcaton-Verfahren. Das letztere ist überall da anwendbar, wo autogen geschweißt wird und seine Handhabung entspricht auch dem autogenen Schweißen. Im Widerstandsverfahren unterscheidet man die Punktschweißung, Nahtschweißung und Stumpfschweißung. Die erstere gilt für das Zusammenfügen von Walzprofilen, besonders im Flugzeugbau. Nahtschweißung dient zur Herstellung von Behältern und Flaschen, Stumpfschweißung dagegen für die Verbindung von Drähten vor allem im Freileitungsbau[62]).

b) Das Löten.

Für das Löten sind 2 Verfahren entwickelt worden:

1. Löten mit aluminiumreichen Loten (Hartlote).
2. Löten mit schwermetallreichen Loten (Weichlote).

Die Hartlote bestehen zum größten Teil und zwar zu 70 bis 90% aus Aluminium, zu 30—5% aus Kupfer, Nickel, Silber, Mangan, Zinn, Zink, Kadmium, Antimon und Silizium. Die Arbeitstemperaturen liegen zwischen 540 und 630° C. Hartlöten ist da angebracht, wo eine Schweißung, die in allen Fällen vorzuziehen ist, praktisch nicht möglich ist. Die Handhabung der Aluminiumschlaglote ist ähnlich wie die der Messingschlaglote und eignet sich für das Löten von Massenartikeln. Das Löten erfolgt unter Verwendung besonderer Flußmittel. Die Weichlote bestehen aus Legierungen auf Zinn- oder Zinkbasis mit anderen niedrig schmelzenden Schwermetallen wie Kadmium, Blei und Wismut. Sie enthalten kein oder nur wenig Aluminium, und zwar bis zu 20%. Die Schmelztemperaturen liegen unter 450°. Das Löten erfolgt ohne Flußmittel, und die Lötstellen weisen geringere mechanische Festigkeiten auf und sind infolge ihres Gehaltes an Schwermetallen bei Hinzutreten von Feuchtigkeit leicht elektrochemischen Angriffen ausgesetzt[63]).

11. Zusammenfassung.

Im vorstehenden wurde versucht, einen möglichst umfassenden Ueberblick über die verschiedenen Verwendungsgebiete des Aluminiums zu geben. Täglich bald werden Versuche unternommen, neue Gebiete für die Verwendung von Aluminium und seinen Legierungen zu erschließen. Wie weit diesen einzelnen Versuchen aber praktische Bedeutung zukommt, kann immer erst die Zukunft entscheiden. Es ist absichtlich auf solche ersten Versuche nicht

62) Vgl. Aluminium-Taschenbuch, 4. Aufl. S. 86 ff.
63) Vgl. Aluminium-Taschenbuch, 4. Aufl. S. 83 ff.

näher eingegangen worden, wiewohl sehr viele Anwendungsmöglichkeiten erwähnt wurden, die gegenwärtig noch nicht ausgenutzt sind, deren Ausnutzung aber möglich ist und vielleicht schon bald bevorsteht.

Wenn in diesem Kapitel die Verdrängung der Schwermetalle durch das Aluminium gezeigt wurde, so darf aber dabei nicht vergessen werden, daß uns hauptsächlich die Verdrängung des Kupfers durch das Aluminium interessiert. Um die Geschlossenheit der Darstellung nicht zu beeinträchtigen, wurde darauf verzichtet, nur diesen einen Fall der Verdrängung zu behandeln, zumal die Verwendungsgebiete so ineinander übergehen, daß eine Trennung nur schwer möglich ist.

Es ist hier aber vielleicht der Platz, noch einmal alle die Gebiete zu erwähnen, die die Möglichkeiten eines Austausches von Kupfer durch Aluminium bilden. Im Haushalt hat eine Verdrängung der kupfernen Geschirre praktisch schon seit Jahren stattgefunden, sodaß hier keine Möglichkeit eines verstärkten Austausches besteht. Im ungleich höheren Maße dagegen bietet die chemische und Nahrungsmittelindustrie Gelegenheit für einen Austausch und vor allem kommt ein solcher in der Brauereiindustrie in Betracht. Im Bauwesen sei vor allem an die Aluminiumbedachung erinnert. Aber auch das oberflächenveredelte Aluminium mit seiner korrosionsbeständigen, verschleißfesten Oxydschicht, ist in hohem Maße in der Lage, das für Armaturen und Beschläge dienende Messing zu ersetzen. Vielfach stehen einer stärkeren Einführung von Leichtmetallarmaturen die Geschmackseinstellung der Verbraucher entgegen, aber durch die Möglichkeit der Eloxierung und nachfolgenden Färbung kann auch in dieser Beziehung allen Wünschen der Konsumenten Rechnung getragen werden. Andererseits bietet die Verschleißfestigkeit Gewähr dafür, daß ein Festfressen von reibungsbewegten Teilen, z. B. das Küken im Hahn, vermieden wird.

Ungeheuer ist dann aber noch die Verwendbarkeit des Aluminiums in der Elektrotechnik, wenn man von Nebengebieten wie Feuerlöschwesen und von Gebieten wie Verkehrswesen, wo ein Austausch weniger von Kupfer als von Stahl und Eisen in Frage kommt, absieht. In der Elektrotechnik werden rund 50% des in Deutschland verbrauchten Kupfers verwendet und bis vor nicht allzu langer Zeit galt die Vorherrschaft des Kupfers hierin als unbestritten. Heute tritt das Aluminium in der Elektrotechnik dem Kupfer auf den wichtigsten Gebieten als Konkurrent entgegen. Eine Ausnahme bildet z. B. in größerem Umfange das Gebiet der Hausanschlußleitungen, wo Kupfer noch nicht austauschbar ist, denn hier bewirkt die isolierende Oxydschicht des Aluminiums bei den vielen Klemmstellen noch einen zu großen Stromverlust.

Wir sahen, daß bislang Deutschland in der Verwendung von Aluminium nicht die Führung inne hatte, sondern daß andere Länder, vor allem USA, England und die Schweiz an Erfahrungen und in der Mannigfaltigkeit der Verwendungsgebiete Deutschland weit überlegen waren. Heute wird der Vorsprung dadurch aufgeholt werden, daß der Staat Maßnahmen ergriffen hat, die einem Inlandsverbrauch von einfuhrbedingten Metallen, vor allem Kupfer, steuern soll. Damit aber wird die deutsche verarbeitende Industrie mit Zwang auf den Weg der stärkeren Aluminiumverwendung gewiesen. Wieweit diese Maßnahmen bereits eine Verwirklichung der Unabhängigkeit von der austauschfähigen Kupfereinfuhr darstellen, soll im folgenden Kapitel erörtert werden.

Kapitel VI.

Die Einleitung des Austausches durch staatliche Maßnahmen.

Als die Reichsregierung im Jahre 1934 an eine Bewirtschaftung der Metalle ging, tat sie es, weil sie darin den einzigen Weg erblickte, eine Uebereinstimmung unserer Einfuhr mit unserem Zahlungsmöglichkeiten zu erreichen. Sie schritt aber zu diesen Selbsthilfemaßnahmen in der Hoffnung, „daß die internationale wirtschaftliche Vernunft über gewisse politische Tendenzen den Sieg davon tragen wird"[1]. Wenn nun danach nur derjenige Importeur, der sich im Besitz einer Devisenbescheinigung befindet, darauf rechnen kann, die zur Bezahlung notwendigen Devisen zu erhalten, so erhellt hieraus, daß es zu einer empfindlichen Beschränkung der Einfuhr kommen muß, weil nur soviel Devisenbescheinigungen ausgestellt werden können, als jeweils Devisen verfügbar sind. Der deutschen Binnenwirtschaft wurden große Entbehrungen auferlegt, in gleicher Weise aber mußte sie mit einer Menge Bürokratie und Organisation belastet werden. Um durch die Einschränkung der Einfuhr aber die innere Konjunktur aufrecht zu erhalten, war es nötig, die inländische Rohstoffbasis zu verbreitern. Damit begann auch die Umstellung auf „Ersatzstoffe". Wenn diese im Augenblick vielleicht teurer erzeugt werden als die eingeführten Rohstoffe kosten würden, so ist damit nicht gesagt, daß dies auch für die Zukunft so bleibt. Wenn wir an den künstlichen Salpeter und an den Rübenzucker u. a. mehr denken, so wurden diese auch erst zu einem höheren Preis erzeugt als das ursprünglich eingeführte Produkt, nämlich Chilesalpeter und Rohrzucker. Die Arbeit, die in diesem Sinne geleistet wird, ist nicht mehr aus der Welt zu schaffen, denn „Produktionsmittel-Investitionen" drängen auch bei späteren günstigeren handelspolitischen Verhältnissen auf Ausnutzung. Das aber kann

[1] Vgl. die Rede von Dr. Schacht auf der Leipziger Herbstmesse 1934.

leicht dazu führen, daß eine ganze Reihe von einfuhrbedingten Rohstoffen aus der Verarbeitung ausscheiden wird, da Ersatzstoffe an ihre Stelle getreten sind, ohne daß der Preis und die Qualität der Fertigfabrikate darunter leidet. Vom Standpunkt der Weltwirtschaft mag diese Entwicklung bedauerlich sein, sie bedeutet aber für Deutschland nichts weiter als eine bittere Notwendigkeit.

Erwähnt braucht wohl kaum noch zu werden, daß die Verwendung von Ersatz- oder Austauschstoffen nur für den Inlandverbrauch in Frage kommt, während Ausfuhrartikel aller Art von jeder Fabrikationsbeschränkung ausgenommen sind, sodaß auch weiterhin eine prompte und qualitativ einwandfreie Durchführung von Auslandsaufträgen sicher gestellt ist.

Selbstverständlich ist die Umstellung auf Austauschstoffe mit großen Gefahren verknüpft, indem durch mangelhafte Aufklärung Mißgriffe technischer Art und damit Schäden entstehen können. Betriebe, die von ihrer bisherigen Werkstoffbasis abgedrängt sind und sich übereifrig auf einen Austauschstoff umstellten, ohne sich über die besonderen technologischen Eigenschaften dieses Stoffes voll im klaren zu sein, schaden sich nicht nur selbst, sondern verärgern auch den Verbraucher und zwingen ihn dazu, allen Austauschstoffen mißtrauisch entgegenzutreten. An verantwortlicher Stelle hat man auch sofort die Gefahr erkannt, die ein übereiltes und ungeregeltes Vorgehen in einer solchen Umstellung bewirken kann.

Es war deshalb eine Maßnahme von grundsätzlicher Bedeutung, als der Reichsbeauftragte der Ueberwachungsstelle für unedle Metalle den „Deutschen Normenausschuß" Anfang September 1934 beauftragte, bei der Umstellung der deutschen Industrie auf bodenständige Rohstoffe mitzuwirken. Dabei sollte aber die Gewährleistung gleicher Sicherheit, Güte, Zweckmäßigkeit an die Spitze gestellt werden. Die Richtlinien, die für diese Aufgabe aufgestellt wurden und in engem Zusammenwirken mit der Ueberwachungsstelle durchzuführen sind, verdienen hier eine kurze Erwähnung.

Der Deutsche Normenausschuß richtete eine neue Abteilung ein, deren Aufgabe es ist, einheitliche Richtlinien für die Erzielung einer bodenständigen Rohstoffwirtschaft ‹Umstellungsnormen› aufzustellen. Durch diese soll der Verbrauch von knappen Metallrohstoffen in der Fertigindustrie eingeschränkt und durch Überschuß-Werkstoffe ersetzt werden, bis das Gleichgewicht zwischen Inlanderzeugung und Inlandverbrauch erreicht ist. Diese Aufgabe ist ausschließlich nach technischen Gesichtspunkten zu lösen ohne Rücksicht auf möglichst wirtschaftliche Auswirkungen. Falls nach Ansicht des Normenausschusses von einer Werkstoffumstellung wirtschaftliche Nachteile zu befürchten sind, wird der Ausschuß hierfür ein

besonderes Wirtschaftsgutachten anfertigen, das der Überwachungsstelle als Grundlage bei ihrer Entscheidung dient, ob eine Umstellungsnorm als verbindlich anzuerkennen ist. Ist eine Umstellungsnorm durch die Überwachungsstelle für unedle Metalle anerkannt, so werden für die dadurch erfaßten Gegenstände Metalle nur noch in dem durch das Normblatt gekennzeichnetem Ausmaße zur Verfügung gestellt.

Im Sinne dieser Richtlinien hat der Normenausschuß seine Arbeit begonnen. Weiterhin hat die Überwachungsstelle die Zusammenarbeit mit anderen Fachverbänden angestrebt, um die notwendige Umstellung möglichst reibungslos und sicher durchzuführen.

1. Die Rechtsgrundlagen der Metallbewirtschaftung.

Es soll hier nicht die Aufgabe sein, eine umfassende Darstellung der Metallbewirtschaftung zu geben. Innerhalb des gesamten Komplexes der Vorschriften zur Metallbewirtschaftung interessieren uns hier nur die Maßnahmen, die sich auf das Problem Kupfer-Aluminium beziehen. Der Zweck dieser Erörterung ist daher eine Darstellung der Anwendungsverbote für Kupfer. Dabei kann aber die Systematik der Bewirtschaftungsmaßnahmen für unedle Metalle nicht ganz unberücksichtigt bleiben.

Die staatlichen Maßnahmen begannen am 27. März 1934. Zuerst beschritt man den Weg der Einzel-Maßnahmen, um die Wirtschaft möglichst wenig durch ein ausgebautes System von Verordnungen zu fesseln. Mit dem September 1934 aber wurden einheitliche Maßnahmen getroffen, die von Dr. Schacht in seiner Leipziger Rede angekündigt wurden. Es sind dies das Gesetz über den Verkehr mit industriellen Rohstoffen und Halbfabrikaten vom 22. März 1934 ‹RGBl. I, S. 212›, umgeändert durch die Verordnungen vom 13. Juli 1934 ‹RGBl. I, S. 709› in das „Gesetz über den Verkehr mit industriellen Rohstoffen und industriellen Erzeugnissen". Der Inhalt dieses Gesetzes stellt eine Ermächtigung des Reichswirtschaftsministers dar, den Verkehr mit diesen Rohstoffen und Erzeugnissen, insbesondere ihre Beschaffung, Verteilung, Lagerung, Absatz und Verbrauch zu überwachen und zu regeln und für bestimmte Warensorten besondere Überwachungsstellen zu errichten. Ohne wesentliche Änderung des materiellen Inhalts wurde diese Verordnung ersetzt durch die „Verordnung über den Warenverkehr" vom 4. Sept. 1934 ‹RGBl. I, S. 816›, die eine Zusammenfassung der Maßnahmen zum Bau des Überwachungssystemes bedeuten. Rechtsgrundlagen bilden u. a. noch die „Erste und zweite Verordnung über unedle Metalle" vom 26. März und 28. April 1934, die sich mit der Errichtung der Überwachungsstelle für unedle Metalle und die Abgrenzung ihres Tätigkeitsbereiches befassen.

2. Der Umfang der Bewirtschaftung.

Träger der Bewirtschaftung ist in der Hauptsache die Ueberwachungsstelle für unedle Metalle. Teile des Gebietes der unedlen Metalle unterstehen aber auch den Ueberwachungsstellen „Chemie" und „Technische Erzeugnisse". Die Ueberwachungsstellen sind auskunftberechtigte Stellen im Sinne der Verordnung über Auskunftspflicht vom 13. Juli 1923. Sie können von jedem Auskunft verlangen, Abschriften, Auszüge und Zusammenstellungen aus Geschäftspapieren sowie Unterlagen für die Bemessung von Preisen und Vergütungen fordern und Betriebe besichtigen.

Die Zuständigkeit der Ueberwachungsstelle für unedle Metalle erstreckt sich auf sämtliche Erze (außer Manganerzen und den nicht kupferhaltigen Kiesabbränden) und Zwischenerzeugnisse von unedlen Metallen, einschließlich der zur Metallgewinnung bestimmten Verbindungen, sämtliche unedle Metalle (Rohmetall, Raffinade-Metall, Blockmetall), sämtliche Abfälle und Rückstände, sämtliche Legierungen, Halbzeug-, Metallwaren, Metallpulver und Metallfarben in nicht zubereitetem Zustande.

Zu diesem Zweck wurden die zu bewirtschaftenden Metalle in verschiedene Klassen eingeteilt. Diese Metallklassen wieder gliederten sich in Metallgruppen (Vor-, Roh-, Halb- und Abfallmaterial). Dementsprechend gliedern sich die einzelnen Metallgruppen in Betriebsstufen (Metallgewinnung, Verarbeitung, Händler, Lagerhalter, öffentliche Bedarfsträger und sonstige Verbraucher). Werden Betriebe der Metallgewinnung neu eröffnet oder solche der Verarbeitungsstufen oder wird die Lagerung von Metall jeder Gruppe neu aufgenommen, so ist das der Überwachungsstelle anzuzeigen.

3. Vorschriften über Einkauf, Verkauf, Lieferung und Preise.

Einkaufs- oder Einfuhrverbote bestehen weder für Vor-, Roh-, Halb- oder Abfallmaterial. Eine Ausnahme bildete lediglich das Einkaufsverbot für einzuführendes Raffinadekupfer, das aber nur vom 27. 3. — 31. 5. 1934 Gültigkeit hatte. Wohl aber bestehen Vorschriften über die höchst zulässigen Preise und die allgemeinen Zahlungsbeschränkungen, die auf die Abwicklung des Einkaufsgeschäftes von ausschlaggebender Bedeutung sind, und auf die deshalb beim Einkauf Rücksicht genommen werden muß. Die Tendenz geht dahin, zu Formen des Bezuges ausländischer Metalle zu kommen, die Deutschland nach Möglichkeit keine Bardevisen kosten. In dieser Hinsicht sind die Warentausch- und Verrechnungsgeschäfte und die Rohstoffkredit- (Dreiecks) Geschäfte andererseits von Bedeutung[2]).

2) Vgl. Dr. R. Wedemeyer: Rohstoffbeschaffung in Rohstoffkreditverfahren. Sonderdruck aus: Der Deutschen Bergwerkszeitung, 1935.

Es bestehen dagegen Vorschriften für den Verkauf und für die Lieferung ins Ausland. So besteht seit dem 27. Juni 1934 ein Ausfuhrverbot für Kupfer in Form von Aschen und Rückständen, Abfallmaterial und Rohmaterial, ausgenommen Kupfer in Pulverform, sowie für Kupferlegierungen in Form von rohem Abfallmaterial. Zur Lieferung und zur Verfügungstellung von Rohmaterial im Inlande ist dagegen ein Bedarfsschein erforderlich, der u. a. auch reines Kupfer, Messing und Tombaklegierungen, sowie Rotguß-, Bronze- und Neusilberlegierungen mit Ausnahme der Kupferzusatzlegierungen erfaßt. Der Bedarfsscheinpflicht unterliegt nur Rohmaterial, dagegen nicht Vor-, Halb- und Abfallmaterial.

Die Vorschriften über Preise beziehen sich auf a) den Einkauf metallischer Erzeugnisse im Ausland und deren Verkauf im Inland sowie b) auf den sonstigen inländischen Geschäftsverkehr mit metallischen Erzeugnissen.

Die Rechtsgrundlagen zu a) bilden die Verordnung über Preise für ausländische Waren vom 29. 9. 1934 und die Bekanntmachung dazu vom 3. 10. 1934. Diesen Vorschriften unterliegt das Vor-, Roh- und Abfallmaterial einer ganzen Reihe von Metallen[3], u. a. auch von Aluminium und Kupfer. Für diese Waren darf niemand im inländischen Geschäftsverkehr einen höheren Preis nehmen oder sich oder einem anderen versprechen oder gewähren lassen, als den Marktpreis für Waren gleicher Art und Güte, der z. Zt. des inländischen Angebots oder Verkaufs auf den ausländischen Märkten allgemein gültig ist, zuzüglich handelsüblicher Kosten und Gewinn. Die Rechtsgrundlage zu b) bilden die Verordnung über Preise für unedle Metalle vom 31. 7. 1934 und die Richtpreisanordnungen, insbesondere Nr. XI und XII[4].

Nach der Verordnung über Preise für unedle Metalle ist es verboten, beim Einkauf im Inlandverkehr einen höheren Preis zu fordern oder sich oder einem anderen gewähren oder versprechen zu lassen, als ihn der Verkäufer in der Zeit vom 1.—26. März 1934 bei Verkäufen erzielt hat. Die Richtpreise werden von der Ueberwachungsstelle festgesetzt und in Form von Richtpreisanordnungen bekanntgegeben[4].

Auf die einzelnen Bestimmungen soll hier bewußt nicht eingegangen werden. Was uns am meisten interessiert, sind die Schutzbestimmungen über den Handel in Metallen sowie die Bestimmungen über Preise. Sie alle haben ihren Ursprung in dem Bestreben, einer Spekulation, Preistreiberei und Hamsterei der knapp werdenden Metalle vorzubeugen. Insonderheit soll die bestehende Konjunktur nicht durch Preissteigerungen abgebremst werden.

3) Näheres s. Brandt-Huppertz: Vorschriften zur Metallbewirtschaftung. Berlin 1934, S. 116 ff.

4) Ueber die neueste Entwicklung vgl. „Aluminium", H. März bis Mai 1935.

Die Einwirkung des Staates in Bezug auf die Verwendung von Metallen zeigt, wie umfassend solche Maßnahmen sein müssen, um alle Glieder der Wirtschaft zu erfassen, Spekulationen und Lagerbildung zu verhindern. Zwei Gruppen von Maßnahmen kommen gegenwärtig zur Anwendung: 1.) Devisenbewirtschaftung, Bedarfsbescheinigung und Preisregulierung, 2.) Regelung über den Verbrauch der einzelnen Metalle.

4. Verbrauchsregelung und Verwendungsverbote.

Die Regelung über den Verbrauch der einzelnen Metalle gibt dem Staat die Möglichkeit, aktiv in den Austausch von einfuhrbedingten Metallen durch bodenständige einzugreifen. Speziell in dem Fall Kupfer werden wir im folgenden sehen, wie weit sich schon der Staat die Fortschritte der Metallforschung zunutze gemacht und einen großen Teil der im Kapitel V erörterten Anwendungsmöglichkeiten des Aluminiums anstelle von Kupfer verwirklicht hat. Dabei aber kann angenommen werden, daß es sich bei diesen Bestimmungen nicht um Uebergangsmaßnahmen handelt, sondern um die Einleitung einer Entwicklung von Dauer, die nur im Augenblick der staatlichen Unterstützung bedarf, um Hemmnisse privatwirtschaftlicher Art, die gegenwärtig noch bestehen, sowie Vorurteile der Verbraucher zu überbrücken.

a) Die Verbrauchsregelung.

Die Verarbeitung unedler Metalle ist nur in den ersten Verarbeitungsstufen unmittelbar geregelt (Anordnung 21, § 2). Die folgenden Stufen werden höchstens mittelbar getroffen und zwar durch die beschränkten Produktionsmöglichkeiten ihrer Lieferanten. Die Betriebe der Metallgewinnung unterliegen keiner Produktionsbeschränkung[5]). Unter Verbrauch im Sinne der Verbrauchsregelung ist diejenige Metallmenge zu verstehen, die dem Metallinhalt entspricht, der in dem Betrieb erster Verarbeitungsstufe eingesetzt wird. Dazu gehören auch die aus Kompensationseinfuhr zur Umarbeitung aus dem Aus- oder Inland hereingekommenen Materialien.

Als Verbrauchsquote ist ein Prozentsatz eingesetzt, der angibt, wie weit der Verbrauch des 1. Vierteljahres 1934 (= 100 gesetzt) in einem bestimmten Zeitabschnitt für den die Verbrauchsregelung gilt, erreicht werden darf. Für den Inlandbedarf darf also Roh- und Abfallmaterial in jeder Metallklasse nur in Höhe der jeweils festgesetzten Quote in die Schmelzerei, Gießerei, das Walzwerk, Presswerk usw. des Betriebes erster Stufe eingesetzt werden.

Für die Verarbeitung zu Ausfuhrzwecken gelten besondere Bestimmungen.

5) Vgl. Brandt-Huppertz: a. a. O., S. 98 ff.

b) Die Verwendungsverbote.

Neben den Maßnahmen zur Einschränkung der mengenmäßigen Verarbeitung von Nichteisenmetall bestehen als Ergänzung dazu Einschränkungen des Verbrauches für bestimmte Verbrauchsarten mit Hilfe von Verwendungsverboten. Diese Verwendungsverbote gelten nur für den Inlandbedarf, die mittelbare und unmittelbare Ausfuhr wird davon nicht berührt.

Das erste Verbot erging mit der Anordnung 4, vom 1. 6. 1934 und betraf die Verwendung von Kupfer und Kupferlegierungen von Freileitungen (Blankmaterial) zur Elektrizitätsversorgung. Weitergeführt wurde die Verbotstätigkeit durch die Anordnung 10 vom 15. 8. 1934 nebst Berichtigungen und Ergänzungen dazu vom 27. 8., 6. 10. und 12. 10. 1934. Durch die Anordnung 22 vom 8. 1. 1935 wurde die Anordnung 4 und Paragraph 1 der Verordnung 10 aufgehoben. Durch Anordnung 26 vom 2. 5. 1935 wurden die bestehenden Verwendungsverbote noch ausgedehnt. Gegenwärtig sieht die Verbotsliste folgendermaßen aus:

1. Leitungen, Erdungen, Verbindungs- und Befestigungsteile aus Kupfer und dessen Legierungen dürfen nicht mehr verwendet werden für:
   a) Starkstromfreileitungen aller Spannungen in Blankmaterial bis 10 qmm als untere Grenze, ausgenommen hiervon sind Fahrleitungen und Schienenverbinder für Hebezeuge, Transportgeräte und Bahnen;
   b) Starkstromfreileitungen aller Spannungen und isolierte Leitungen bis 10 qmm als untere Grenze ausgenommen hiervon sind Leitungen innerhalb von Höfen und Fabrikanlagen sowie für Hausanschlüsse und Kreuzungen, soweit diese Leitungsart nach den Vorschriften des VDE für den Bau von Starkstromfreileitungen erforderlich ist;
   c) Nulleiter (Starkstromrückleitungen) in Erdverlegung, auch wenn diese schwach verhüllt sind;
   d) Sende- und Empfangsantennen;
   e) Blitzableiter.

   Ausgenommen von den Verboten sind Klemmen für den Anschluß von Kupfer an Aluminium.
2. Rundleiter aus Kupfer und dessen Legierungen dürfen nicht mehr verwendet werden für die Herstellung von Mehrfachbleikabeln mit Papierisolation in Querschnitten von 25 qmm und darüber bei Spannungen bis 1 kV.
3. Rund- und Sektorleiter aus Kupfer und dessen Legierungen dürfen nicht mehr verwendet werden für die Herstellung von Starkstrombleikabeln mit Papierisolation über 1 kV—30 kV.

4. Flachprofil- und Rundmaterial aus Kupfer und dessen Legierungen darf nicht mehr verwendet werden für die Herstellung von:
   a) Sammelschienen und deren Abzweigleitungen bei Starkstrom-Innenraumschaltanlagen mit Querschnitten von 100 qmm und darüber, ausgenommen sind hiervon Sammelschienen und deren Abzweigleitungen bei gekapselten Anlagen;
   b) Wicklungen für Lasthebemagnete;
   c) Schleifbügel für Stromabnehmer;
5. Kupfer und dessen Legierungen sowie Nickel und dessen Legierungen dürfen außer in Form von Überzügen und leichten Plattierungen bis auf Weiteres nicht verwendet werden zur Herstellung von
   a) Dachbedeckungen und Dacheinfassungen, Regenrinnen und Ablaufrohren;
   b) Decken-, Fußboden-, Wand- und Türplatten;
   c) Gittern, Geländern, Treppen- und Herdeinfassungen;
   d) Umkleidungen von Fenster- und Türöffnungen, insbesondere von Schaufenstereinfassungen, Fensterrahmen;
   e) Verkleidung von Heizungs- und Entlüftungsanlagen;
   f) Hausanschluß- und Verteilungsleitungen für Kalt- und Warmwasser auch in industriellen Gebäuden und Anlagen;
   g) Heizkörper (Radiatoren) mit Ausnahme der elektrischen Heizelemente und der Brenner.
6. Kupfer und dessen Legierungen sowie Nickel und dessen Legierungen dürfen, außer in Form von Überzügen und leichten Plattierungen bis auf Weiteres nicht verwendet werden zur Herstellung von:
   a) Gewichtsätzen,
   b) Einfassungen für Spiegel und Bilder,
   c) Tragstützen, Zierleisten bei Kleiderablagen sowie bei Bade- und Wascheinrichtungen,
   d) Zier- und Trittleisten sowie Zier- und Trittleisten auch bei Fahrzeugen,
   e) Schanktischen,
   f) Wärmflaschen,
   g) Schildern wie Firmen, Marken und Leistungsschildern, Buchstaben (auch Schablonen),
   h) Festabzeichen, Plaketten, Reklame- und Büroartikel.

Durch Anordnung 26 wurden die Verbote unter 5—6 noch wesentlich erweitert. Die wichtigsten Gebiete, für die neue Verbote in Betracht kommen, sind[6]:

6) Abgedruckt in „Aluminium" Mai 1935. S. 267 ff.

7. Die nachstehend aufgeführten Gegenstände und Erzeugnisse oder deren Teile dürfen aus Kupfer, Nickel oder deren Legierungen nicht mehr hergestellt werden

a) Maschinenbau:
Kühlschrankgehäuse, Beschläge, Schalen, Armaturen etc.

b) Fahrzeugindustrie:
Türdrücken, Kurbelgriffe, Sturmstangen für Cabriolets, Scharniere, Türnasen, Verschlüsse, Beschläge, Haltestangen und Griffe, Entlüfter, Gepäcknetze, Rad- und Nabenkappen, Kühlerverkleidungen, Kraftstofftanks, Scheinwerfergehäuse etc.

c) Elektroindustrie:
Fassungen aller Art, ausgenommen stromführende Teile, Fingerlochscheiben für Nummernschalter bei Fernsprechapparaten, Staubsauger nebst Zubehör etc.

d) Eisen- und Metallwarenindustrie:
Kaffeemühlen, Eismaschinen, Motorenteile, Petroleumlampen (ausgenommen der Brenner), Badewannen, Kesselschüsseln und Behälter, Gießkannen, Aschenbecher, Griffe und Beschläge für Hausmesser, Eß-, Trink-, Haushaltgeräte, Badeöfen und Warmwasserbereiter (ausgenommen diejenigen Teile, die mit heißen Gasen oder heißem Wasser in Berührung kommen), Boiler Kanister, Tanks, Zifferblätter, Ziffern, Uhrengehäuse, Uhrgewichte, Pendel, alle Arten von Schlössern, Türdrücker aller Art, vollgegossene Türknüpfe, Reit- und Fahrgeschirrteile, alle Arten von Marken Schnallen, Nadeln, Uniformbeschlägen, Koppelschlösser und Karabinerhaken etc.

Eine eingehende Aufzählung aller Verbote soll hier nicht gegeben werden. Die Maßnahmen zeigen aber schon in dieser kurzen Darstellung das Bestreben, alle kleinen und kleinsten Gegenstände, bei denen die Kupferverwendung nicht ausschließlich aus Gründen der technischen Eignung, sondern vielfach aus Überlieferung vorgenommen wurde, zu erfassen. Wenn auch die verbrauchte Kupfermenge bei diesem und jenem Gebrauchsgegenstand nur gering ist, so spielt doch der gesamte Verbrauch eine nicht unerhebliche Rolle. Alle Gebiete eignen sich natürlich nicht zum Austausch durch Aluminium, sondern vielfach wird Eisen oder auch Zink an die Stelle des Kupfers treten müssen. Vergleicht man die einzelnen Verwendungsverbote mit denen im Kapitel V aufgeführten Verwendungsgebieten für Aluminium, so wird man ersehen, wo tatsächlich schon ein Austausch vorgenommen worden ist.

c) Die Auswirkung der Verbote.

Keineswegs wurde der Erlaß der Verwendungsverbote überstürzt und man hat es vermieden, die Umstellung auf heimische

Metalle auf Kosten des technischen Fortschrittes zu vollziehen. Welchen Weg im einzelnen die Politik des Staates nehmen wird, ist im Augenblick schwer zu entscheiden. Soviel aber kann festgestellt werden, daß starke Tendenzen bestehen, die Verwendung von Metallen im Inland bis auf die Mengen einzuschränken, die wir selbst beschaffen können.

Eine interessante Frage ist die, welche Metallmengen durch die bisherigen Verwendungsverbote tatsächlich freigesetzt werden können, d. h. um wieviel der künftige Metallbedarf entlastet werden kann. Bei ausnahmsloser Durchführung der Verbote sind diese Mengen auf 3000—5000 t Kupfer für Freileitungen nach Anordnung 4 auf Grund des damals vorliegenden Bauprogramms veranschlagt worden. Die Schätzungen über die Einsparung der durch Anordnung 10 betroffenen Gebiete belaufen sich auf 12—15000 t Metall[7]).

Diese Schätzungen berücksichtigen aber nicht die Anordnungen 22 und 26, die nochmals eine große Verbrauchssteigerung für Aluminium hervorrufen werden, deren Umfang aber, infolge der Vielheit der Industriezweige, in denen solch ein Austausch in Frage kommt, sehr schwer abzuschätzen ist.

Die Darstellung der Metallbewirtschaftungsmaßnahmen und besonders die Verwendungsgebote haben aber gezeigt, wie umfassend und tiefgreifend die Verordnungen sein müssen, um eine Rohstoffumstellung vorzubereiten und in die Wege zu leiten, ohne der Wirtschaft selbst durch Überstürzung, Willkür und Bevormundung am falschen Platze zu schaden. Aufgabe des Staates muß es sein, eine Regulierung der Wirtschaft nur insoweit vorzunehmen, als sie aus dem Zeitpunkt heraus für notwendig erscheint. Hat der Staat der Wirtschaft die Richtung gewiesen und die Wege geebnet, dann ist wieder Raum geschaffen zu einer selbständigeren Entfaltung des Unternehmertums.

Für unser spezielles Problem Kupfer-Aluminium ist gezeigt worden, daß umfangreiche Bestimmungen die Umstellung auf den neuen Werkstoff schon eingeleitet haben. Nachdem wir die Grenze der einheimischen Kupferversorgung aufgezeigt haben und die Notwendigkeit einer Umstellung sahen, das günstigste Austauschmetall aber im Aluminium fanden, bleibt uns nun zu untersuchen übrig, inwieweit dieses Metall dem im Kapitel IV aufgestellten Bedingungen gerecht wird.

Es heist da: 1. der Ersatz darf keine Verschlechterung bedeuten — wir haben gesehen, daß die Eigenschaften des Aluminiums, wenn sie in vielen Punkten von denen des Kupfers abweichen, doch zweifellos geeignet sind, in einer ganzen Reihe von Fällen

7) Nach „Zentralverband" a. a. O., S. 49.

die des Kupfers zu ersetzen. Die eigene Technologie des Aluminiums macht zwar eine Umstellung auch in konstruktiver Beziehung nötig, aber er bedeutet keine Verschlechterung im Vergleich zum alten.

Zu untersuchen sind noch die Punkte 2 und 3. Sie lauten:

2. der Ersatzstoff muß ein einheimisches Erzeugnis sein,
3. der Ersatzstoff muß grundsätzlich eine Produktionssteigerung zulassen, um wirksam den zu ersetzenden Rohstoff vertreten zu können.

Diese beiden Fragen zusammen mit der noch neu auftauchenden Frage der Wirtschaftlichkeit der Verwendung des Aluminiums gegenüber der des Kupfers sollen im Teil C behandelt werden. Die Aluminiumindustrie ist unsere jüngste deutsche Großmetallindustrie. Zur Klarlegung der Standorts- und Produktionsverhältnisse ist es notwendig, in großen Zügen den Stand der deutschen Aluminiumindustrie und die gegenwärtige Versorgung Deutschlands mit Aluminium darzulegen.

Teil C:

Der Stand der deutschen Aluminiumindustrie und die Möglichkeit ihrer Erweiterung.

Einleitung.

Die Untersuchung zeigte uns bis jetzt, daß eine Umstellung auf inländische Rohstoffe nicht ausschließlich von der privatwirtschaftlichen Seite gesehen werden darf. Maßgebend ist vor allem der Gesichtspunkt, wie weit ein Austausch überhaupt technisch möglich ist. Deutlich sehen wir danach die Arbeit des „Deutschen Normenausschuß" ausgerichtet. Nachdem wir aber die technische Durchführung geprüft haben, bleibt uns noch die Aufgabe, auch die Wirtschaftlichkeit dieser Umstellung zu untersuchen. Der Staat kann sich wohl über im Augenblick bestehende ungünstige Preisverhältnisse hinwegsetzen, er kann aber nie aus seiner Politik den Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit völlig ausschalten. Die Aufrechterhaltung eines Zwanges zu einer Materialverwendung, die unwirtschaftlich ist, führt zu einer Belastung der gesamten Wirtschaft, die im Interesse einer verantwortlichen Staatsführung nicht tragbar ist. Inwieweit nun die Umstellung von Kupfer auf Aluminium auch wirtschaftlich gerechtfertigt ist, soll in diesem letzten Teil der Arbeit untersucht werden.

Wenden wir uns der eben aufgeworfenen Frage zu, dann müssen wir uns vor allem mit dem Aufbau und den Produktionsbedingungen der deutschen Aluminiumindustrie vertraut machen. Während die wichtigsten Schwermetalle schon seit langer Zeit bekannt sind und ihre Gewinnung unter den primitivsten technischen Bedingungen möglich war, bietet das Aluminium nur den Mitteln einer bereits hochentwickelten chemischen Wissenschaft die Möglichkeit, dieses Metall, das nie im gediegenen Zustand vorkommt, aus seinen natürlichen Verbindungen in reinem Zustand zu gewinnen.

Seit den Versuchen des Dänen Oerstedt und den Erfolgen des Deutschen Friedrich Wöhler vergingen Jahrzehnte, bis Henry St. Claire-Deville und unabhängig von ihm Bunsen vom Wege der Gewinnung von Aluminium durch rein chemische Einwirkungen abgingen und durch Elektrolyse von Natrium-Aluminium-Clorid Aluminiumblöckchen darstellen konnten. Aber erst das Zusammenwirken von 3 Faktoren ermöglichte die Herstellung des Aluminiums im Großbetrieb[1].

1) Vgl. A. Czimatis: Rohstoffprobleme der deutschen Aluminiumindustrie im Rahmen ihrer wirtschaftlichen Entwicklung. Diss. Dresden, 1930, S. 13.

1. Im Jahre 1867 baute Werner Siemens seine erste Dynamomaschine, die den Anfang der modernen Elektrizitätswirtschaft bezeichnet.
2. 1880 konstruierte Wilhelm Siemens den elektrischen Schmelzofen.
3. 1886/1887 wurden die grundlegenden Patente für die Aluminiumgewinnung fast gleichzeitig von C. M. Hall und Bradley in den Vereinigten Staaten und von Héroult in Frankreich veröffentlicht.

Nach den Verfahren dieser 3 Erfinder wird auch heute noch im wesentlichen gearbeitet. Das Verdienst des Deutschen Kiliani war es, die elektrolytische Darstellung von reinem Aluminium auf Grund dieser Patente ausgearbeitet zu haben.

Nachdem zuerst das Natrium-Aluminium-Clorid durch den natürlichen Kryolith als Rohstoff für die Aluminiumgewinnung verdrängt worden war, trat an seine Stelle zum ersten Male im Jahre 1876 der natürliche Bauxit.

Auch heute bildet der Bauxit noch den wichtigsten und gegenwärtig noch unentbehrlichen Ausgangsstoff für die Aluminiumgewinnung. Das Vorkommen von Bauxit ist aber beschränkt und in großem Maße auf wenige Länder verteilt. Für unsere Untersuchung ist es daher von Wichtigkeit, festzustellen, welches die Grundlagen der deutschen Aluminiumrohstoffversorgung sind und wie weit man beim Aluminium von einem einheimischen Erzeugnis überhaupt sprechen kann.

Kapitel VII:

Das deutsche Aluminiumrohstoffproblem.

Bekannt ist, daß Deutschland über keine nennenswerten Bauxitlager verfügt. Bauxit wurde früher fast ausschließlich in Frankreich gewonnen, wie auch die Entstehung des Namens aus dem Ortsnamen Les Beaux beweist. Man entdeckte dann noch größere Lagerstätten in Istrien, Dalmatien und Ungarn.

Eine Eigenversorgung Deutschlands mit Bauxit ist deshalb unmöglich, so daß Deutschland praktisch in der Aluminiumrohstoffversorgung vollkommen von der Einfuhr abhängig ist. — Wie kommt man nun dazu, das Leichtmetall als einheimischen Werkstoff zu betrachten und wie können sich ernsthafte Untersuchungen mit der Frage einer Umstellung von Kupfer auf Aluminium befassen, wo doch scheinbar hier die Abhängigkeit eine noch größere ist als beim Kupfer?

Bei der Beantwortung dieser eben auftauchenden Frage müssen wir uns folgendes vor Augen halten:

1. Der Wertanteil des Rohstoffes Bauxit am Endprodukt, dem Rohmetall, beträgt nur 7%. Wertmäßig ist also die Einfuhr von Bauxit außerordentlich gering und belastet die deutsche Außenhandelsbilanz nur wenig, ganz im Gegensatz zur Kupfererz- und Rohkupfereinfuhr, die über 40% vom Wert des Endprodukts ausmacht.
2. Es besteht weiterhin die Möglichkeit, Aluminium zum vollkommen einheimischen Metall zu machen und auch die Rohstoffabhängigkeit zu beseitigen, wenn man anstatt des Bauxits die silikatreichen Tone, die sich in großen Mengen in Deutschland befinden, als Ausgangsstoff zur Aluminiumgewinnung verwendet.

1. Die Versorgung Deutschlands mit Bauxit.

Die Tatsache, daß Aluminium erstmalig vor jetzt gerade 100 Jahren in reiner Form hergestellt werden konnte, ein Umstand, der bei der großen Verbreitung dieses Elementes auf der Erde sehr verwunderlich erscheint, geht auf die Eigentümlichkeit dieses Metalles zurück, nirgends in der Natur in gediegenem Zustand vorzukommen. Stets ist Aluminium an Sauerstoff oder andere Elemente gebunden. Diese Aluminiumoxyde sind aber so schwer reduzierbar, daß sie lange Zeit hindurch als Elemente galten. Die heute gebräuchliche Schmelzflußelektrolyse gebraucht als Ausgangsmaterial ein vollkommen reines Aluminiumoxyd, das man gewöhnlich als Tonerde bezeichnet. Reine Tonerde wird aber nirgends gefunden, sondern muß auch erst in einem chemischen Verfahren aufbereitet werden. Aus diesem Grunde gliedert sich der Prozeß der Aluminiumgewinnung in drei Betriebsstufen[2]:

1. Die bergmännische Gewinnung des Rohstoffes, einschließlich vorbereitender Behandlung.
2. Die Rohstoffveredelung, d. h. die Gewinnung der Tonerde aus dem Rohstoff oder die chemische Fabrikation.
3. Die Fertigfabrikation, d. h. die Schmelzflußelektrolyse oder der elektrometallurgische Betrieb.

Die erste und dritte Betriebsstufe gehören in das Gebiet des Bergbau- und Hüttenwesens, während die zweite Stufe, die Tonerdeherstellung, in das Gebiet der chemischen Industrie fällt.

Zur Gewinnung der Tonerde, dem Ausgangprodukt der Schmelzflußelektrolyse, ist heute, wie schon erwähnt, immer noch der Bauxit am besten geeignet. Alle Länder, auch diejenigen, welche selbst

2) Vgl. Hans Tiedemann: Technisch-wirtschaftliche Probleme der Aluminiumindustrie. Diss. Breslau, 1934, S. 32.

über keine oder nur geringe Bauxitlager verfügen, sind auf ihn angewiesen. Der Gehalt des Bauxits an reiner Tonerde (Al_2O_3) beträgt etwa 55–60%. Wichtig für die Verwendbarkeit des Bauxits ist sein Gehalt an Kieselsäure und Titanoxyd. Der Preis des Rohstoffes ist davon entscheidend abhängig. Im allgemeinen verwendet man in Europa nur Bauxit mit weniger als 5% Kieselsäuregehalt. In Amerika, wo Bauxit in genügenden Mengen nur in Guayana zur Verfügung steht, ist man weniger wählerisch und verwendet ihn dort auch noch bis zu einem Gehalt von 7% an Kieselsäure[3]. Für französischen Bauxit wird sogar ein Gehalt von nur 3% an Kieselsäure garantiert.

In diesem Zusammenhange sei darauf hingewiesen, daß Bauxit nicht nur als Rohstoff für die Aluminiumindustrie, sondern auch für die Bauxit-Zementindustrie, Elektrokorundfabrikation (für Schleifmittel) und die Chemische Industrie, welche Aluminiumsalze für die Wasserreinigung und Papierfabrikation erzeugt, dient. Der Anteil des zur Aluminiumherstellung verwendeten Bauxits sei im Folgenden nach den Statistischen Zusammenstellungen der Metallgesellschaft dargelegt:

1922 = 52%	1928 = 55%
1923 = 47 „	1929 = 59 „
1924 = 59 „	1930 = 62 „
1925 = 52 „	1931 = 77 „
1926 = 57 „	1932 = 65 „
1927 = 50 „	1933 = 54 „

Diese Zahlen zeigen, daß die Aluminiumindustrie eine ziemlich krisenfeste Industrie ist, was vor allem die hohen Prozentsätze in den Krisenjahren 1931 und 1932 beweisen.

a) Die deutschen Bauxitvorkommen.

Die einzigen deutschen Bauxitlagerstätten, abgesehen von einigen Vorkommen von nur mineralogischer Bedeutung im Solling, Siebengebirge und Westerwald, befinden sich am Westabhang des Vogelsberges in Hessen. Sie waren schon vor dem Kriege bekannt und man ging an ihre Ausbeute. Das Erz fand aber nur einen stokkenden Absatz und erst mit der Gründung einer deutschen Aluminiumindustrie im Kriege änderte sich die Lage des deutschen Bauxitbergbaues. Die Kriegsmetall-A.G. verpflichtete sich zur regelmäßigen Abnahme der Erze, sodaß eine ganze Anzahl neuer Gruben in Betrieb genommen werden konnten[4]. Die Kriegsmetall-A.G. hatte insofern ein Interesse am Ausbau der deutschen Lager, als die Transportkosten sich günstiger gestalteten als bei den istrischen

3) H. Tiedemann, a. a. O. S. 41.

4) Vgl. Harrasowitz: Die Bauxitlagerstätten des Vogelsberges. In „Metall und Erz". 1921. S. 567 u. 1924, S. 325.

und dalmatinischen Gruben. Die Förderung stieg auch rasch an und betrug 1917 bereits 10800 t. 1918 stieg sie weiter auf 14400 t und erreichte ihren höchsten Stand im Jahre 1922 mit 15200 t. Dann allerdings trat sehr rasch ein Rückschritt ein und 1925 kamen die Betriebe zum Erliegen. Erst nach 1928 wurde die Gewinnung im bescheidenen Maße wieder aufgenommen.

Die deutschen Bauxitvorkommen[5]).

Jahr	Betriebe	beschäftigte Personen	Förderung an Roherz t
1917	9	190	10800
1918	8	165	14400
1919	8	173	9400
1920	12	310	13400
1921	18	193	10100
1922	19	324	15200
1923	19	206	6700
1924	5	10	3100
1925	3	9	1800
1926	—	—	—
1927	—	—	—
1928	1	18	6860
1929			2000[6])
1930			—
1931			—
1932			400
1933			500

Die hessischen Erze enthalten durchschnittlich etwa 48—50% Tonerde und 3,5% Kieselsäure. Da, wie eingangs erwähnt, der für die Tonerdegewinnung günstigste Gehalt aber 55—60% Al_2O_3 beträgt und auch der Kieselsäuregehalt der übrigen europäischen Bauxite vielfach unter 3,5%, ja selbst 3% liegt, so ist die Wettbewerbsfähigkeit der hessischen Erze nicht ausreichend, um sich einen dauernden Absatz zu verschaffen. Trotzdem aber würde sich dieser Bauxit noch seinen Markt erhalten haben, wenn nicht die Förderkosten im Verhältnis zur Qualität so außerordentlich hoch wären. Während in den französischen und anderen europäischen Bauxitlagern das Erz in einer Mächtigkeit von oft 20 m auftritt, kommt es in Hessen nur in Knollen von Nuß- bis Kopfgröße vor. Außerdem findet es sich in unregelmäßigen, im Rotliegenden verstreuten Nestern, mit etwa 5—20% Anteil an der Gesamtmasse vor.

Wenn in der Kriegszeit diese Tatsachen nur im beschränkten Maße mitsprachen, spielten sie dagegen in der Nachkriegszeit, hauptsächlich nach der Stabilisierung der Währung wieder eine entscheidende Rolle. Eine Steigerung des deutschen Bauxitbergbaues ist heute nicht nur unwirtschaftlich, sondern auch tatsächlich nicht möglich,

5) Vgl. Georg Günther: die deutsche Rohaluminiumindustrie. Diss. Leipz. 1931. S. 36.

6) Vgl. Stat. Zus. Jg. 35, S. 3.

da es praktisch am nötigen Vorkommen fehlt. Die deutsche Aluminiumindustrie bleibt also von der fremden Bauxiteinfuhr abhängig.

Da man für die t Tonerde etwa 2 t Bauxit und für die t Rohaluminium 2 Tonnen Tonerde rechnet, sodaß also 4 Tonnen Bauxit je 1 Tonne Rohaluminium ergeben, so würde selbst bei der Annahme, die Produktion von 1922 mit über 15000 t könne verdoppelt werden, was einen raschen Aufbrauch der Lager zur Folge hätte, der Aluminiumgehalt der Produktion von rd. 30000 t Bauxit kaum $^1/_7$ des deutschen Bedarfs an Aluminium zur Verfügung stellen.

Solange also unsere Industrie Bauxit als Rohstoff zur Aluminiumgewinnung verwendet, ist sie auf die Versorgung vom Ausland her angewiesen.

b) Die Bauxitversorgung vom Ausland her.

Während des Krieges bezog die Schweizer Aluminiumindustrie und auch die neu entstandene deutsche Aluminiumindustrie ihren Rohstoff aus dem Gebiete der damaligen österreichisch-ungarischen Monarchie. In großen Lagern wurde der Bauxit bei Regensburg, Bamberg und dem Lauta-Werk aufgehäuft, um gegenüber allen Lieferungsstockungen gesichert zu sein. Mit dem Ende des Krieges verfügte die Aluminiumindustrie über große Vorräte. Aber schon in den nächsten Jahren schrumpften diese erheblich zusammen und im Jahre 1921 war man bereits wieder gezwungen mit der Einfuhr von Bauxit zu beginnen.

In den Jahren nach dem Kriege machte sich bei allen Bauxitlieferanten die Tendenz bemerkbar, die Ausfuhr dieses Erzes zu unterbinden. Das erste Ausfuhrverbot für Bauxit wurde im Oktober 1920 in Frankreich erlassen. Der Grund waren Schätzungen, die die Ergiebigkeit der wertvollen französischen Lager nur noch auf 30—40 Jahre berechneten. Schon im Oktober 1921 aber wurde der Export wieder ungehindert zugelassen.

Um ähnlichen Schwankungen in der Bauxitversorgung wie diesen in Zukunft nicht wieder ausgesetzt zu sein, beteiligte sich die deutsche Aluminiumindustrie 1923 mit einem erheblichen Prozentsatz an einem Bauxitvorkommen in Istrien[7]). Zusammen mit der Oktavi-Minen- und Eisenbahngesellschaft und der Ungarischen Allgemeinen Kreditbank gründeten die Vereinigten Aluminiumwerke zu diesem Zwecke die Bauxit-Trust AG. Zürich, mit einem Kapital von 5,1 Mill. Schweizer Franken[8]).

Kurze Zeit danach wurde das Kapital noch zweimal erhöht.

Das Hauptaugenmerk des Bauxit Trusts richtete sich in der Folgezeit vor allem auf die Vorkommen im Westen Ungarns, wo

7) Geschäftsberichte der VAW AG.
8) Vgl. A. Czimatis, a. a. O., S. 99.

in den Vertes-Bergen und im Bakonyer Wald mehrere Jahre lang Bohrungen vorgenommen wurden, die ein günstiges Ergebnis gebracht hatten. Der Bauxittrust nahm zu diesem Zwecke die Aluminiumerz-Bergbau und Industrie AG. Budapest, zusammen mit der ihr nahestehenden Tapolcza Mining Comp., Budapest auf. Die Gruben mußten zum größten Teil erst erschlossen oder ausgebaut und modernisiert werden[9]. Die ungarische Regierung verpflichtete sich, für die Dauer von 25 Jahren, die Ausfuhrerlaubnis bis zu 350000 t Bauxit jährlich zu erteilen. Dadurch wurde Ungarn schon 1927 der größte Bauxitlieferant Deutschlands.

Auch in Südslawien faßte der Bauxit Trust Fuß. Hier konnte die Ausbeutung so gesteigert werden, daß Jugoslawien 1927 bereits an dritter Stelle unter den Einfuhrländern stand. Die Erwerbung der Lager in Ungarn und Südslawien waren übrigens eine Folge der Störungen und Schwierigkeiten, die von der italienischen Regierung in Bezug auf die Gruben in Istrien gemacht wurden.

In letzter Zeit ist der Anteil an französischem Bauxit in der deutschen Aluminiumrohstoffversorgung wieder gestiegen. Nachdem er 1913 94,4% betragen hatte, fiel er 1927 auf 28,4%, während Ungarn mit 43,6% den Hauptlieferanten ausmachte. Die Zahlen von 1933 aber zeigen wieder ein Steigen des französischen Anteils auf 47,8%, während der ungarische Anteil auf 22,2% zurückging. 1934 gleichen sich beide Einfuhrziffern fast und machen zusammen über 2/3 der gesamten Einfuhr aus, Die absoluten Zahlen lauten für die einzelnen Länder folgendermaßen:[10]

	1913	1927	1933	1934
Dänemark[11]	1891	1777	3065	2639
Frankreich	36490	153406	114134	120451
Italien	–	70224	29743	16250
Jugoslawien	–	72848	38832	77274
Ungarn	–	235512	53176	109851
übrige Länder	71	6238	112	–
insgesamt	38452	540005	239062	326465

Die Gesamtziffer für die deutsche Bauxiteinfuhr betrug 1934 rd. 326000 t im Werte von 7,68 Mill. Rmk., 1933 = 239000 t im Werte von 6,3 Mill. Rmk. Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß diese Menge nur zu etwa 50% der Rohstoffversorgung der deutschen Aluminiumwerke dient. Hieran waren Frankreich mit 37%, Ungarn mit 34%, Südslawien mit 24% und Italien mit rd. 5% beteiligt[12]. Auch Kryolith, das als Flußmittel bei der Schmelzflußelektrolyse verwendet wird, Petrolkoks und verschiedene andere Hilfsstoffe werden noch teilweise aus dem Ausland bezogen.

9) Czimatis, a. a. O., S. 100.
10 Vgl. monatl. Nachweise ü d. auswärtigen Handel Deutschlds.
11) Kryolitheinfuhr.
12) Vgl. D. Deutsche Volkswirtschaft. 3. April – Heft 1935 S. 379.

Wenn man nun den Devisenaufwand für die Einfuhr dieser Roh- und Hilfsstoffe auf der Basis der Ziffern von 1934 zusammenrechnet, so ergibt sich ein Geldbetrag von rd. 3,75 Mill.Rmk.[13]. Bei einer Aluminiumproduktion von rd. 37000 t (1934) entspricht dieser Devisenaufwand einem Betrag von 101 Rmk. per t Aluminium. Dies macht im Vergleich zu dem derzeitigen Aluminiumpreis in Höhe von 1440 Rmk. per t ungefähr 7% aus. Die restlichen 93% entfallen aber auf die im Inland erfolgte Werterhöhung durch deutsche Veredelungsarbeit.

Der Bauxit-Trust hat seit seiner Gründung ein starkes Expansionsbedürfnis geltend gemacht. Es war dies eine natürliche Folge des scharfen internationalen Kampfes um die Bauxitvorkommen. Zweifellos aber bedeutet die machtvolle Stellung des Bauxit-Trusts für Deutschlands eine Gewähr dafür, daß die Selbständigkeit der deutschen Aluminiumindustrie gewahrt bleibt und Störungen in der Rohstoffbeschaffung vermieden werden. Dabei ist der Bauxit-Trust schon weit über seine ersten Grenzen hinausgewachsen. Er versorgt nicht mehr, wie ursprünglich, nur die deutschen Tonerdefabriken mit Rohstoff, sondern kontrolliert mindestens $^1/_6$ der Weltbauxitproduktion[14].

2. Die Verwendung deutscher Tone als Ausgangsstoff.

Da Deutschland fast ausschließlich auf die Einfuhr von Bauxit angewiesen ist, so ist es erklärlich, daß man schon seit Jahren versucht hat, diese Abhängigkeit zu verringern. Möglich ist dies aber nur, wenn es gelingt, den bisher üblichen Ausgangsstoff durch einen anderen zu ersetzen Bauxit wird nur an bestimmten Stellen der Erde gefunden. Aluminiummineralien aber finden sich überall und gerade Deutschland ist reich an Tonen verschiedenster Art. Der Gehalt des grubenfeuchten Tones an Al_2O_3 liegt aber beträchtlich unter dem des Bauxits. Er beträgt etwa 30%, sodaß zur Herstellung von 1 kg ca 7,5 kg. Ton erforderlich sind[15]. Vielfach aber enthält die Tonne nur einen Gehalt von 18—22% an Tonerde. Tiedemann rechnet für die Kosten der bergmännischen Gewinnung im Tagebau einschließlich der erforderlichen Aufbereitung und Lieferung frei Tonerdefabrik 0,5 Pfg. pro kg, auf die Tonne umgerechnet also 5 Rmk. Die Tonne Bauxit kostet dagegen im Durchschnitt etwa 25 Rmk. Wir sehen schon, welchen geringen Anteil die Rohstoffkosten am fertigen Produkt haben. Rechnet man zur Gewinnung von 1 kg Aluminium 3,8 kg Bauxit im Preise von 2,5 Pfg. pro kg, so betragen die reinen Rohstoffkosten bei der Bauxitverwendung

13) A. Dederer: Aluminium, ein deutscher Werkstoff. In „Aluminium", März 1935, S. 129.

14) Czimatis a. a. O, S. 103.

15) H. Tiedemann, a. a. O. S. 39.

9,5 Pfg., bei der Verwendung von gewöhnlichem Ton dagegen würden die reinen Rohstoffkosten — 7,5 kg zu 0,5 Pfg. — 3,75 Pfg. betragen und es würde sich eine Ersparnis gegenüber dem Bauxit von 5,7 Pfg. ergeben. Nimmt man den heutigen Aluminiumpreis von 1,44 Rmk. pro kg an, so würde die Ersparnis etwa 4% vom Verkaufspreis des Metalles ausmachen.

Dabei darf nicht vergessen werden, daß der Veredelungsprozeß sich teuerer gestaltet, wenn gewöhnlicher Ton als Ausgangsmaterial genommen wird. Abgesehen davon, bedarf eine solche Umstellung auf geringhaltigen Rohstoff auch erweiterter Anlagen, wobei genau abzuwägen wäre, ob Amortisation und Verzinsung dieser neuen Anlage nicht den ganzen Gewinn an Rohstoffersparnis wieder auffressen würden.

Man hat aus diesem Grunde auch versucht, einen anderen Weg zu beschreiten, d. h. vereinfachte und verbilligte Verfahren zu gestalten, die eine bessere Ausnützung des Bauxits gewährleisten und gleichzeitig auch die Verwendung geringerer Sorten ermöglichen. Dabei bleibt die Rohstoffabhängigkeit Deutschlands zwar bestehen, aber die Ausnutzung der notwendigen Einfuhr gestaltet sich rationeller, zumal dann noch geringwertige und deshalb billigere Bauxite eingeführt werden können.

Die beiden Hauptverfahren, nach denen die Herstellung der Tonerde heute noch vorgenommen wird, sind das Bayer-Verfahren, in abgeänderter Form z. B. im Lauta-Werk verwendet und das Deville-Péchiney-Verfahren[16]). Sie beruhen beide auf den gleichen chemischen Grundlagen und haben einen sehr großen Bedarf an Wärmeenergie. Diese muß in Form von Brennstoffen aufgewendet werden, eine Notwendigkeit, die standortsmäßig schlecht zur Elektrolyse paßt. Letztere weist lediglich einen hohen Bedarf an elektrischer Energie auf. Ein Aufwand von Brennstoffen ist dabei nicht erforderlich. Baut man aber die Elektrolyse an die billigen Wasserkräfte, so wird man dort kaum noch Brennstoffe für die Tonerdefabrikation billig erhalten können.

Aus diesem Grunde bildete man neuere Verfahren aus. Diese versuchen die Fabrikation zu verbilligen, indem sie dem Aluminiumproduzenten die Verwendung von elektrischer Energie anstelle teurer Wärmeenergie in Form von Brennstoffen gestatten. Verfügt ein Werk über billige Wasserkräfte, so bedeutet ein solches Verfahren natürlich eine große Ersparnis. In der Praxis wurden bislang 3 Verfahren entwickelt (Haglund, Pedersen und Hal'), die von diesen Gesichtspunkten ausgehen. Das Haglundverfahren z. B. bietet für die italienische Aluminiumindustrie große Vorteile. Der sonst übliche Verbrauch von Kohle, die Italien zum größten Teil einführen muß,

16) Näheres s. Tiedeman, a. a. O., S. 49/93.

wird dadurch zum größten Teile ausgeschaltet. Die VAW AG hatte ihre Erfahrungen für den Bau der italienischen Aluminiumanlagen zur Verfügung gestellt und der Gesellschaft die Lizenz für die Herstellung von Aluminiumoxyd nach dem Haglundverfahren überlassen. Die bisher entwickelten Verfahren haben aber noch keine so große Ueberlegenheit gegenüber den alten gezeigt, daß sie diese wirksam verdrängen konnten.

Um auf den zuerst beschriebenen Weg zurückzukommen, also auf die Umstellung der Verarbeitung von Tonerde aus deutschen Tonen, würde sich eine solche Verwendung erst dann verwirklichen lassen, wenn nicht nur Gründe rein technisch-wirtschaftlicher Art vorliegen. Dieser Fall kann bei einem Kriege eintreten. Aber auch bei einem Wirtschaftskrieg, wie wir ihn gegenwärtig erleben müssen, sind die Voraussetzungen schon gegeben. Allerdings müßte dann eine sehr große Verschärfung unserer Devisenlage oder eine Bauxitausfuhrsperre der Lieferanten vorliegen. Daß man aber auch solchen Ueberraschungen gegenüber nicht ganz unvorbereitet ist, zeigt das Bemühen der deutschen Aluminiumindustrie, Verfahren zu entwickeln, die die Umstellung auf deutschen Ton erleichtern. Diese Versuche werden gegenwärtig in einem sehr großem Ausmaß vorgenommen, bei denen man etwa 2—3% der Tonerdeerzeugung schon aus einheimischem Material herstellen will[17].

3. Die Versorgung mit Kryolith und anderen Materialien.

Nachdem während einer kurzen Zeitspanne der Kryolith die Rolle des einzigen Aluminiumerzes gespielt hatte, kommt er seit 1890 nur noch als Flußmittel in der Aluminiumelektrolyse in Frage. Die natürlichen Fundstellen des Kryoliths sind sehr selten und in ausgiebigem Maße kommt er nur in Südgrönland vor, wo er seit 1865 von einer dänischen Gesellschaft im Tagebau ausgebeutet wird.

Die Anwendung des natürlichen Kryolith wird in steigendem Maße durch die Verwendung des künstlichen Kryoliths verdrängt. In letzter Zeit traten verschiedene Verschiebungen in der Verwendung des natürlichen und künstlichen Kryoliths ein, indem der natürliche durch niedrige Preise, der künstliche durch größere Reinheit mehr oder weniger am Einfluß gewann. Tatsächlich stehen sich beide Produkte heute als ebenbürtig gegenüber und eine vollständige Umstellung auf künstlichen Kryolith kann in Deutschland ohne Reibungen vollzogen werden.

Einen weiteren Hilfsstoff im Produktionsprozeß des Aluminiums stellt das Material für die Elektroden dar. Für die Zuleitung des elektrischen Stromes zu den Bädern werden Kohleelektroden verwendet, da andere Stoffe hierzu nicht geeignet sind, weil diese

17) Nach einer Mitteilung der VAW AG Lauta-Werk an den Verfasser.

durch die bei der Elektrolyse entstehenden Verbindungen zu stark angegriffen werden. Dadurch aber würde eine unzulässige Verunreinigung des Bades entstehen, die den Reinheitsgehalt des Fertigprodukts vermindern würde. Auch die Kohle unterliegt einer erheblichen Abnützung, die mit 600—700 g für 1 kg Aluminium anzunehmen ist[18]). Sie wird aber in unschädliche gasförmige Verbindungen überführt und hinterläßt nur Spuren von Asche. Zur Anwendung kommen entgaster Petrolkoks etc., Kohlenarten mit hohem Kohlenstoffgehalt und weniger als 1% Asche. Früher war man beim Bezug fast ausschließlich auf das Ausland angewiesen. Seit dem Aufschwung der deutschen Erdölgewinnung und der Errichtung der Erdölraffination steht auch ein heimisches Material zur Verfügung, das zu einem erheblichen Prozentsatz den einheimischen Bedarf decken kann. Auch andere Wege werden beschritten. Es wurde z. B. der Versuch gemacht, ein genügend reines Produkt aus Anthrazit mittels Flotation zu gewinnen[19]). Ueber den Erfolg dieser Arbeit ist dem Verfasser nichts bekannt geworden. Es würde natürlich von großer Bedeutung sein, wenn es gelänge, z. B. durch chemische Aufbereitung zum Ziele zu gelangen, da der Verbrauch an Elektroden ziemlich groß ist. Aus diesem Grunde besitzen auch die großen Aluminiumkonzerne (z. B. Erftwerk AG) eigene Elektrodenfabriken, um die Aufwendungen hiefür möglichst niedrig zu halten.

Kapitel VIII:

Die Aluminiumversorgung Deutschlands.

1. Die deutsche Aluminiumindustrie.

Bekannt ist, daß Deutschland vor dem Kriege keine eigene Aluminiumhüttenindustrie besaß. Die Gründe dafür mögen in erster Linie in dem Fehlen eigener Bauxitlager zu suchen sein. Außerdem verfügte Deutschland damals noch nicht über genügend ausgebaute Wasserkräfte zu einer rentablen Stromversorgung der Hütten, wie sie das Ausland — vor allem die Schweiz — besaß. Die einzige Hütte in Deutschland war das Werk der „Aluminium-Industrie AG" Neuhausen-Schweiz in Badisch-Rheinfelden. Dieses Schweizer Unternehmen erzeugte vor dem Kriege etwa 1000 t Aluminium jährlich. Der deutsche Verbrauch an Leichtmetall war aber damals weit höher, sodaß Deutschland gezwungen war, den größten Teil des Aluminiumbedarfes durch Einfuhr aus dem Ausland zu decken. 1913 betrug die Einfuhr von Aluminium insgesamt 15323 t in einem Gesamtwert von 24,5 Mill. Mark[1]).

18) Czimatis, a. a. O. S. 25.
19) Tiedemann, a. a. O. S. 96.
1) Nach „Zentralverband", a. a. O. S. 17.

Bedeutend war dagegen die deutsche Aluminium-Halbzeug-industrie, die neben den Vereinigten Staaten an erster Stelle in der Welt rangierte. Dementsprechend war auch die Ausfuhr von Aluminiumhalbzeug ziemlich groß, sowie die Ausfuhr von Fertig-waren und Blattaluminium. Sie betrug 1913:

an Halbzeug 2577 t im Werte von 5,6 Mill. Mk.,
an Waren u. Blattal. 2539 t „ „ „ 12 „ „

Wie bekannt, verpflichtete man die Schweizer Aluminium-industrie während des Krieges zur Lieferung von Aluminium an Deutschland und ging Ende 1915 ernstlich daran, eine eigene Alu-miniumindustrie zu errichten. Der Rohstoff wurde aus den neu-entdeckten Lägern von Istrien, Dalmatien und Siebenbürgen be-zogen. Durch Verträge zwischen der Kriegsrohstoffabteilung und späteren Kriegsmetall-AG einerseits und der „Metallbank und Metallurgischen Gesellschaft", der „Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron", der „Gebrüder Giulini G. m. b. H.", Ludwigshafen, dem „Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerken AG" andererseits, kam es zu Gründungen der verschiedenen deutschen Aluminium-werke. Außer zwei nur für die Kriegszeit errichteten Werken in Horrem ⟨Köln⟩ und Rummelsburg ⟨Berlin⟩ entstanden so die Werke in Bitterfeld, an der Erft bei Grevenbroich und in der Lausitz. Diese Werke wurden alle noch während des Krieges fertiggestellt, während das jüngste deutsche Aluminiumwerk, das „Innwerk, Bay-rische Aluminiumwerke AG" München-Töging, das durch Vertrag zwischen dem Reich, dem Land Bayern und der AEG Berlin über die Siemens-Schuckert-Werke und die Gebrüder Giulini G.m.b.H., entstand, erst im Jahre 1925 in Betrieb genommen wurde. Dieses jüngste Aluminiumwerk ist übrigens das einzige, das zur Strom-erzeugung Wasserkräfte benutzt, während die anderen Werke ihren Strom aus Braunkohlenzentralen beziehen.

Bei der Errichtung der deutschen Aluminiumindustrie während des Krieges war der Hauptwert natürlich auf eine schnelle Inbetrieb-nahme und hohe Leistungssteigerung gelegt worden, während die Beachtung von Rentabilitätsgesichtspunkten eine geringere Rolle spielte. Die Leistungsfähigkeit der deutschen Aluminiumindustrie war dem-gemäß auch stark angestiegen. So betrug 1915 die Gesamterzeugung 15 t und 1918 13103 t. Mit dem Ende des Krieges fiel aber der große Bedarf der Kriegswirtschaft fort, der Verbrauch vor allem an Neumetall sank, da aus den Heeresbeständen große Mengen von Altaluminium frei wurden. Um dieser Schwierigkeiten Herr zu werden, mußte eine strenge Rationierung vorgenommen werden. Man begann mit einer Einschränkung der Produktion, indem man die beiden provisorischen Werke in Horrem und Rummelsburg still-legte. Da das Reich sehr große Summen zur Errichtung der deut-schen Aluminiumindustrie aufgewendet hatte, versuchte es natürlich,

der jungen Industrie über diese Krisenzeit hinwegzuhelfen. Durch Verträge mit den oben genannten Werken brachte das Reich noch die ihm fehlenden Aktien in seinen Besitz. Lediglich die Werke in Bitterfeld und in Rheinfelden verblieben noch dem Privatbesitz. Die Erzeugungskapazität der an das Reich übergegangenen Werke betrug 36000 t, sodaß rd. 88% der gesamten deutschen Aluminiumerzeugung vom Reich beherrscht wurden.

Durch die Inflation wurde der Vorsprung, den die ausländische Aluminiumindustrie infolge ihrer stärker abgeschriebenen Anlagen vor der deutschen hatte, zum großen Teil wieder eingeholt. Dadurch wurde ein Teil der die junge Industrie bedrohenden Belastungen beseitigt, doch waren noch Maßnahmen des Staates zur weiteren Sicherung nötig. Diese bestanden in 2 Regierungsverordnungen und zwar in der Bundesrats-Verordnung vom 16. Mai 1917, die die Errichtung neuer und die Erweiterung bestehender Anlagen zur Gewinnung von Aluminium oder Tonerde von der Genehmigung des Reichskanzlers abhängig machte und dem Einfuhrverbot von Rohaluminium, das die deutschen Aluminiumhütten berechtigte, im Falle gleicher Preisangebote in jedes Einfuhrgeschäft von ausländischen Rohaluminium einzutreten. Die erste Verordnung ist übrigens heute noch in Gültigkeit, während die zweite im Jahre 1930 aufgehoben und durch einen Aluminiumzoll ersetzt wurde.

Verfolgt man die Entwicklung der Vereinigten Aluminiumwerke AG in der neuesten Zeit, so kann man etwa folgendes den Geschäftsberichten entnehmen: In den Jahren 1930—1934 wurden Reingewinne (ohne Vortrag) von 2,3 Millionen, 1,4 Mill., 0,8 Mill., 0,2 Mill. und 1,6 Mill. ausgewiesen. Auf ein Aktienkapital von 24 Mill. Rmk. wurden folgende Devisen verteilt: 1930 = 9%, 1931 = 6%, 1932 wurde auf eine Gewinnausschüttung verzichtet. Das gleiche gilt für 1933, wo man nur die gesetzlichen Reservefonds, Unterstützungs- und Erneuerungsfonds auffüllte. 1934 dagegen kam es wieder zur Ausschüttung einer Dividende von 5%.

In der Bilanz des Jahres 1932 erscheinen zum ersten Male die Aktiven und Passiven der Erftwerk AG, nachdem die Uebernahme der Erftwerk AG, Grevenbroich, durch Fusion zum 31. 12. 1932 mit Rücksicht auf Steuerersparnisse und auf Vereinfachung der Organisation erfolgt war. Tatsächlich befand sich das Kapital dieser Gesellschaft schon seit langem im Besitze der VAW AG.

Die Vereinigten Aluminiumwerke haben ihre Interessen auch nach Italien ausgedehnt. Im Jahre 1927 gründeten sie zusammen mit der Montecatini (Società Generale per l'Industria Mineraria ed Agricola, Mailand) die Societá Italiana dell Allumino, Mailand, zur Erzeugung von Aluminium mit einem Grundkapital von 80 Mill. Lire. Hieran ist die deutsche Gesellschaft mit etwa 40% beteiligt.

In Mori hat die Gesellschaft eine Aluminiumhütte mit einer Leistungsfähigkeit von 6500 t. Ein Tochterunternehmen der Aluminiumgesellschaft ist die Società Italiana Allumina mit einem Grundkapital von 25 Mill. Lire. Diese Gesellschaft hat gemeinsam mit der VAW AG eine Fabrik in Marghera für die Gewinnung von Tonerde nach dem Haglundverfahren zur Belieferung der Hütte in Mori erbaut. Nach dem Geschäftsbericht von 1934 ist auf Grund behördlicher Anordnung die Aluminiumhütte in Mori wegen angeblicher Gesundheitsschädigung der Bevölkerung eines in der Nähe gelegenen Dorfes geschlossen worden. Durch Eingriffe seitens „Montecatini" wurde außerdem die Zusammenarbeit erheblich gestört. Die Stillegung der Hütte in Mori hatte natürlich auch die vorübergehende Schließung der Tonerdefabrik in Marghera zur Folge.

Die Erzeugung von Aluminium.

a) der Welt.

Als eine Folge der ständig fortschreitenden Industrialisierung der Welt können wir das stetige Anwachsen der Erzeugungsziffern sämtlicher Nichteisenmetalle bewerten. Fast ohne jegliche Unterbrechung hat sich dieser Entwicklungsprozeß vollzogen. Eine kurze Stockung erfährt diese Aufwärtsbewegung nur im Jahre 1921, die aber von kurzer Dauer ist. Dann setzt wieder eine Steigerung ein, die im Jahre 1929 ihren Höhepunkt erreicht und in den folgenden Jahren rasch abfällt. Erst mit dem Jahr 1934 beginnt bei einer ganzen Reihe von Ländern, übrigens mit Ausnahme Nordamerikas, ein Aufschwung, der im Verbrauch allerdings schon 1933 fühlbar wurde.

Mengenmäßig fällt von allen Nichteisenmetallen besonders die Steigerung der Aluminiumerzeugung ins Auge. Die Produktion verteilt sich heute auf etwa 10 Länder[2])

in 1000 t	1913	1919	1921	1923	1925	1927
Frankreich	14,5	15,0	8,4	17,0	20,0	25,0
Schweiz				15,0	22,0	20,0
Deutschland	12,0	31,5	27,0	15,9	26,2	28,4
Oesterreich				1,5	2,2	4,0
Gr. Britannien	7,6	8,1		8,0	15,0	7,9
Norwegen	1,5	3,1	7,0	13,3	22,0	20,8
Italien	0,8	1,7		1,5	1,8	2,5
Spanien	—	—	—	—	—	—
übrig. Europa	—	—	—	—	—	—
Europa	36,4	59,4	42,4	72,2	110,0	108,6
Ver. Staaten	20,9	58,1	24,5	58,5	62,0	72,6
Kanada	5,9	15,0	8,0	10,0	8,0	38,5
Nordamerika	26,8	73,1	32,5	58,5	70,0	111,1
Welterzeugung	63,2	132,5	74,9	140,7	180,0	219,7

2) Stat. Zus. Jg. 27 und 35.

	1929	1930	1931	1932	1933	1934[3]
Frankreich	29,0	26,0	18,0	14,5	14,5	16,4
Schweiz	20,7	20,5	11,4	8,5	7,5	14,0
Deutschland	32,7	30,2	26,9	19,0	18,4	37,0
Oesterreich	4,0	3,5	3,3	2,1	2,0	
Gr. Britannien	13,9	14,0	14,2	10,3	11,0	14,7
Norwegen	24,4	24,7	21,4	18,0	15,5	16,0
Italien	7,0	8,0	11,1	13,4	12,1	13,0
Spanien	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	
übr. Europa	–	0,2	0,3	1,0	4,5	15,0[4]
Europa	132,7	128,2	107,8	87,9	86,7	126,1
Ver. Staaten	102,1	103,9	80,5	47,6	38,6	33,4
Kanada	42,0	34,9	31,0	18,0	16,2	15,5
Nordamerika	144,1	138,8	111,5	65,6	54,8	48,9
Welterzeugg.	276,8	267,0	219,3	153,5	141,4	175,0

Interessant ist die Entwicklung Italiens, dessen Aluminiumproduktion in den Krisenjahren von 1930—1933 als einzige zugenommen hat. Die Schätzung für 1934 zeigt übrigens auch das Ansteigen der russischen Aluminiumerzeugung, die bald den Eigenbedarf des Landes decken wird. Früher trat gerade Rußland als Großabnehmer auf dem Rohaluminiumweltmarkt auf und war in den letzten Jahren gleichsam ein Notanker für den Absatz. Den Ausbau seiner Aluminiumindustrie verdankt Rußland vor allem der französischen Unterstützung. Die Erzeugung Deutschlands steht mit dem Jahre 1934 an der Spitze. Der Aufschwung der deutschen Aluminiumindustrie im letzten Jahre wird noch näher erörtert werden.

Die Statistik offenbart uns, daß wir es beim Aluminium mit einem Metall zu tun haben, dessen Bedeutung im steten Wachsen begriffen ist und das sich deshalb auch im hohen Maße als „krisenfest" erwiesen hat. Vergleichen wir die Erzeugungszahlen von Aluminium z. B. nur mit den im Teil A angeführten Erzeugungszahlen von Kupfer, sehen wir eindeutig den Unterschied.

Seit 1914 zeigt die Welterzeugung zwei deutlich voneinander verschiedene Höhepunkte:[5] der riesige Metallbedarf des Weltkrieges leitete eine sprunghafte Erhöhung der Erzeugung ein, die 1918 ihren Höhepunkt erreicht hatte. Bis zum Jahr 1921 vollzieht sich dann ein Rückgang, der wieder in einen diesmal konjunkturell bedingten Aufschwung überleitete und mit dem Jahre 1929 seinen Höchststand erreichte.

Bei der ersten Steigerung handelt es sich in der Hauptsache um eine Heraufsetzung des Ausnutzungsquotienten schon bestehender

3) Nach den jetzt vorliegenden Schätzungen (zitiert in RTA Nr. 14 vom 3. 4. 1935.

4) Sowjetunion.

5) Günther, a. a. O. S. 59 ff.

Anlagen. Die zweite Steigerung dagegen ist auf die Schaffung von Neuanlagen großer Aluminiumwerke der Länder zurückzuführen. Zu erwähnen ist hier das Projekt Amerikas, die Produktion um 80—90000 t zu erhöhen. Was aus diesem Projekt heute geworden ist, zeigen uns die erschreckenden Rückgänge in den Erzeugungsziffern von Kanada und den Vereinigten Staaten, die noch nicht einmal im Jahre 1934 zum Stillstand kamen und unter den Stand von 1922 sanken.

Auch in Europa sind in einer ganzen Reihe von Ländern neue Werke fertiggestellt worden und zum Teil erfolgte der Bau erst kurz vor dem Eintritt der Niedergangsperiode. — So steigerte Norwegen seine Erzeugungskapazität auf 35500 t und der Anteil Norwegens an der Welterzeugung stieg von 4—5% in den Jahren 1914—1922 auf 10% im Jahre 1934. Die Aluminiumgewinnung der Schweiz hat durch die in den Jahren 1925—1927 vorgenommene Vergrößerung des Werkes Chippis der AIAG Neuhausen eine beträchtliche Erweiterung erfahren, indem die Kapazität auf etwa 4—5000 t heraufgesetzt wurde. Eine Erweiterung der französischen Aluminiumindustrie wurde 1928 vorgenommen. Zu den beiden schottischen Werken der British Aluminium Comp. wurde noch ein drittes hinzugefügt, dessen Kapazität etwa 12000 t jährlich beträgt. Auf die italienische Expansionspolitik wurde bereits hingewiesen. Die Erzeugung Italiens stieg seit 1929 um fast das Doppelte und hat im Jahre 1934 einen Anteil von rd. 8% an der Welterzeugung. Eingangs erwähnt wurde schon der Anstieg der neuen russischen Aluminiumerzeugung, der im Jahre 1934 mit 15000 t = 8,6% der Welterzeugung in Erscheinung trat. Nach dem im 2. 5jahrsplan vorgesehenen Programm der Aluminiumerzeugung muß in den nächsten Jahren mit einer weiteren Steigerung der Produktion gerechnet werden.

Günther[6]) schätzt die Steigerung der Leistungsfähigkeit der europäischen Aluminiumindustrie in den Jahren vor dem Wirtschaftszusammenbruch auf etwa 60000 t. Dazu kommt die Kapazitätserhöhung Amerikas mit 80000 t, sodaß sich insgesamt 140000 t ergeben. Die Erzeugung von 1926 betrug aber schon knapp 200000 t Aluminium. Eine derartige und in so kurzer Zeit vollzogene Kapazitätserweiterung erscheint Günther reichlich hoch und läßt ihn ein empfindliches Ueberangebot befürchten. Seine Zahlenangaben schließen aber mit den Jahren 1929 ab und die Bemerkungen stellen daher nur Vermutungen dar. Tatsächlich ging in den folgenden Jahren die Erzeugung nicht weiter in die Höhe, sondern sank von Jahr zu Jahr mehr ab. Gegen das Jahr 1930 ist die Welterzeugung von

6) a. a. O., S. 64.

Aluminium im Jahre 1931 um 18% und im Jahre 1932 um 42% zurückgegangen[7]. Wertmäßig war der Rückgang noch größer. Er betrug 1931 im Vergleich zu 1930 22% und 1932 48%.

Betrachtet man das Aluminium im Zusammenhang mit den anderen wichtigen Nichteisenmetallen, dem Kupfer, Blei, Zink und Zinn, so zeigt sich seit 1930, daß eine wichtige Verschiebung in den Erzeugungsmengen dieser 5 Metalle vor sich gegangen ist. Im letzten Vorkriegsjahr stand Blei mit einer Hüttenproduktion von 1,2 Mill. t an der Spitze der Nichteisenmetalle. Es folgten Kupfer mit über 1 Mill. t, Zink mit 1 Mill. t, Zinn mit 132500 t und Aluminium mit 62200 t. Im Laufe der nächsten Jahrzehnte trat nun eine Verschiebung in dieser Zusammensetzung ein. Infolge der raschen Entwicklung des Aluminiums zum industriellen Gebrauchsmetall trat es in viele Verbrauchsgebiete der anderen Nichteisenmetalle ein. 1929 sieht das Verhältnis der genannten Metalle zueinander etwa so aus: Kupfer führt mit einer Hüttenweltproduktion von 1,9 Mill. t, es folgen Blei mit 1,7 Mill. t, Zink mit rd. 1,5 Mill. t. Aluminium schließt sich mit einer Erzeugung von 276800 t an und den Beschluß bildet Zinn mit 195100 t.

Es zeigt sich also, daß das Aluminium eine Stelle vorgerückt ist. 1913 betrug die Zinnerzeugung noch über das doppelte der Aluminiumerzeugung. 1929 hat das Aluminium nicht nur das Zinn eingeholt, sondern noch um 81700 t = 42% übertroffen.

Im Jahre 1932 ist das Aluminium das einzige Metall, das noch gegenüber der Produktion von 1913 eine Steigerung und zwar von 136% aufzuweisen hat, während für den gleichen Zeitraum die Erzeugung der anderen Nichteisenmetalle zurückging. Aluminium hat sich also in den Krisenjahren stabiler gehalten als Kupfer, Blei, Zink und Zinn.

Bis zum Jahre 1920 hat der Aluminiumverbrauch ungefähr mit der Erzeugung Schritt gehalten. Mit dem Niedergangsjahr 1921 steigt die Erzeugungsziffer zum ersten Male über die Verbrauchsziffer. In allen Aluminiumproduktionsländern ist seit dieser Zeit ein Anwachsen der Aluminiumvorräte festzustellen. Diese Tatsachen hätten eigentlich eine Warnung vor einer Produktionsausweitung sein müssen. Für 1931 schätzt das American Bureau of Metal Statistics die Vorräte auf etwa 150000 t, während für Ende 1932 ein Weltaluminiumvorrat von 200000 t angenommen werden kann.

b) Deutschlands.

Die deutsche Rohaluminiumindustrie hat eine einzigartige Entwicklung hinter sich. Die Erzeugung stieg von 1000 t im Jahre

7) Hug, a. a. O. S. 50.

1913 auf 37000 t im Jahre 1934. Ihr Anteil an der Welterzeugung hob sich damit von 1,5% auf 21%. Seit 1925 steht die deutsche Aluminiumindustrie an der Spitze in Europa und mit dem Jahre 1934 an der Spitze in der Welt, allerdings auf Grund der Erzeugungsdrosselung von USA. Der gesamte Mehrabsatz fällt auf den Inlandsmarkt und zwar fördert hier die durch die Devisenlage bedingte Umstellung auf inländische Rohstoffe entscheidend den großen Mehrverbrauch an Aluminium. Die Steigerung des Inlandgeschäftes ermöglichte nicht nur die Wiederinbetriebnahme von Produktionseinheiten, die lange Zeit stillgelegen hatten (z. B. Erftwerk AG), sondern es wurden darüber hinaus Erweiterungen und Verbesserungen der Werke vorgenommen. Diese Verbesserungen vollzogen sich entsprechend der Marktentwicklung mit höchster Beschleunigung. Die Erweiterungen führten zu einer Steigerung der Produktion der Vereinigten Aluminiumwerke im Jahre 1934 gegenüber 1933 um das $2^1/_2$fache. Die volle Ausnutzung der Werke wird aber erst nach Beendigung der Erweiterungsarbeiten in der zweiten Hälfte des Jahres 1935 möglich sein[8]). Dabei müssen wir uns vor Augen halten, daß die VAW AG etwa $^3/_4$ der deutschen Aluminiumerzeugung herstellen. Nach den bisherigen Schätzungen beträgt die Leistungsfähigkeit der deutschen Aluminiumindustrie:

Innenwerk	12000 t
Lauta-Werk	13300 t
Erftwerk	15900 t
Bitterfeld	8280 t
Rheinfelden	4420 t
insgesamt	54000 t

Nach dieser Aufstellung ist die deutsche Aluminiumindustrie auch in der Lage, einen gesteigerten Inlandsbedarf aus eigener Kraft zu decken. Dies ist wichtig, da auch im Jahre 1935 die Steigerung der Aluminiumerzeugung weiter anhalten wird, wie z. B. aus einer Aeußerung des Leiters der volkswirtschaftlichen Abteilung der Metallgesellschaft AG. Frankfurt a. M. Dr. A. Dederer[9]) hervorgeht. Danach soll die Leistungsfähigkeit der deutschen Aluminiumhütten im Jahre 1935 einen Stand von rund 65000 t Aluminium im Durchschnitt erreichen. Ende 1935 soll die Erweiterung sogar soweit gediehen sein, daß mit einer Leistungsfähigkeit von 71000 t jährlich gerechnet werden könne. Tatsächlich ist die deutsche Erzeugung von Aluminium nach den neuesten Angaben im Jahre 1935 weiter auf 63000 t gestiegen. (Nachtrag des Verfassers).

Die Umstellung auf einheimische Rohstoffe und die dahin zielenden Maßnahmen des Staates zeigen in diesen Produktions-

8) S. Geschäftsbericht 1934 der VAW. AG.
9) In „Aluminium", März 1935, S. 128.

ziffern ihre ersten Auswirkungen. Nach den Angaben des Geschäftsberichtes der VAW AG stieg die Beschäftigung der Werke infolge der höheren Ausnutzung des Betriebes und der durch den Ausbau notwendig werdenden zusätzlichen Arbeitskräfte von 2252 Arbeitern und Angestellten Ende 1933 auf 3505 Ende 1934. — So dient die Umstellung auf inländische Rohstoffe 2 Zielen. Sie entlastet die deutsche Devisenbilanz und fördert Arbeitsbeschaffung, indem sie die sonst fertig eingeführten Stoffe durch eigene Arbeitskräfte im Inland herstellen läßt.

3. Die Bedeutung der Aluminiumabfälle und des Altmaterials.

In Deutschland gibt es im Gegensatz zu den Vereinigten Staaten keine statistischen Zusammenstellungen über den Verbrauch und die Erzeugung von Aluminiumabfällen und Altmaterial. Selbst die Fachverbände konnten bislang nicht ermitteln, wieviel Umschmelzmaterial bei den einzelnen Firmen verbraucht wird. Einige zuverlässige Angaben über die Einfuhr von Bruchaluminium vermittelt uns die Außenhandelsstatistik:

1928	rund	6400	t	im	Werte	von	6,3	Mill. Rmk.
1929	„	6400	t	„	„	„	6,3	„ „
1930	„	4600	t	„	„	„	4,1	„ „
1931	„	2747	t	„	„	„	2,4	„ „
1932	„	962	t	„	„	„	0,8	„ „
1933	„	2359	t	„	„	„	1,7	„ „
1934	„	3672	t	„	„	„	2,9	„ „

Das Problem der Wiederverwendung des Altmaterials aus Aluminium spielt erst seit neuerer Zeit eine Rolle, da früher die Umschmelzhütten meist noch keine Erfahrungen auf diesem Gebiete hatten. Besonders während des Krieges und danach hat man der Wiederverwendung von Aluminiumschrot und Aluminiumabfällen größere Bedeutung beigemessen.

Die Verarbeitung des von den Umschmelzhütten bezogenen Materials geschieht teilweise mit Zusatz von Originalhüttenaluminium. Es ist dabei aber genau zu beachten, welchen Zwecken das Material dienen soll. Soll es besonderen Beanspruchungen stand halten, d. h. will man Drähte ziehen oder Bleche walzen, dann empfiehlt es sich, Umschmelzmaterial gänzlich wegzulassen, da dies im Umschmelzprozeß verschiedene physikalische Eigenschaften einbüßt und der Reinheitsgehalt sinkt.

4. Der Verbrauch von Aluminium.

a) der Welt.

Der Aluminiumverbrauch der Welt von 1913—1933 beläuft sich nach den Angaben der Metallgesellschaft (Jg. 37 und 35) auf:

in 1000 to	1913	1919	1921	1923	1925	1927
Deutschland[10]	20,7	41,8	16,0	21,3	32,6	38,8
Schweiz				5,7	7,0	7,0
Frankreich	7,0	16,9	8,0	17,9	19,0	18,0
Gr. Britannien	5,0	9,0	6,0)	10,8	17,5	18,0
Italien	1,0	1,9	)	3,2	8,3	5,8
Rußland						6,0
Europa	33,7	69,6	30,0	64,1	89,4	93,6
Asien	0,3	1,5	3,0	4,0	4,0	6,0
Amerika	31,2	61,5	37,5	75,6	85,9	100,0
Australien	—	—	—			0,3
Verbrauch:	65,2	132,6	70,5	143,7	179,3	199,9

in 1000 to	1929	1930	1931	1932	1933
Deutschland[10]	39,0	28,0	24,0	18,5	27,5
Schweiz	8,0	7,0	5,0	4,5	5,5
Frankreich	25,0	20,0	18,0	15,0	16,0
Gr. Britannien	30,0	24,0	20,0	20,0	21,0
Italien	9,3	8,2	7,4	5,5	7,0
Rußland	6,0	10,0	20,0	11,5	15,0
übr. Europa	8,0	6,0	6,0	5,0	5,0
Europa	125,3	103,2	100,4	80,0	97,0
Asien	13,0	11,0	5,0	6,0	4,5
Amerika	137,0	95,0	70,0	55,0	60,0
Australien	0,7	0,5	0,3	0,3	0,5
Verbrauch:	276,0	209,7	175,7	141,3	162,0

Der Weltverbrauch von Aluminium ist gegen das Jahr 1930 um 16% im Jahre 1931 und um 28% im Jahre 1932 zurückgegangen. Obwohl die Produktionsziffern für 1933 fast alle noch einen weiteren Rückgang aufweisen, ist der Verbrauch schon nicht unerheblich gestiegen, die Zunahme beträgt 20500 t und setzt sich aus den Vorräten der vergangenen Jahre zusammen.

Der Verbrauch der Vereinigten Staaten und Kanadas ist in der Statistik zusammen gezogen worden, da es sich in den beiden Ländern um die gleiche Verbrauchergruppe, d. h. Verarbeitergruppe zu Halbfabrikaten handelt: den Mellon-Trust. Der Verbrauch Nordamerikas betrug 1913 im Verhältnis zum Weltverbrauch 47,2% und ging 1933 auf 37% zurück. Nordamerika ist damit noch der größte Aluminiumverbraucher der Welt geblieben. An zweiter Stelle rangiert Deutschland, dem sich England anschließt. Diese Reihenfolge wird sich auch für die Zahlen von 1934 nicht entscheidend ändern, obwohl die Verbrauchsziffern von Deutschland — mehr noch als die Produktionsziffern — angestiegen sind. Sie betragen 52500 t[11] und stellen sich dicht hinter die nordamerikanischen Ziffern, bei denen

10) Die deutschen Verbrauchszahlen enthalten auch eingeführtes Altmaterial. Vor 1928 wurden diese Zahlen nicht getrennt angegeben. Seit 1928 vgl. S. 234.

11) A. Dederer, a. a. O., S. 128.

für 1934 allerdings nicht zu erwarten ist, daß sie unter die deutschen absinken werden. 1935 schon 93000 to Aluminiumverbrauch Deutschlands. ⟨Nachtrag des Verfassers⟩. Bemerkenswert ist der russische Verbrauch, der sich fast in gleicher Höhe mit dem französischen hält und diesen sogar im Jahr 1931 um 2000 t übertroffen hat.

b⟩ Deutschlands.

Was uns am Aluminiumverbrauch Deutschlands stark interessiert, ist die gegenwärtige Entwicklung. Das im vorigen Abschnitt über die Ausweitung der Produktion in den Jahren von 1923 bis 1929 Gesagte trifft ebenfalls für Deutschland zu. Auch die deutsche Aluminiumproduktion wurde von der Krise betroffen, konnte ihre Leistungsfähigkeit nicht voll ausnutzen und verfügte über Vorräte, die keinen Absatz fanden. Wenngleich sich das Aluminium immer noch als krisenfester erwies, als andere Nichteisenmetalle, so machten sich die Jahre von 1930—1932 mit ihrem geringen Verbrauch doch empfindlich bemerkbar. 1933 aber setzt schon in der Weltaluminiumindustrie ein Umschwung im Verbrauch ein. Die Erzeugung sinkt zwar weiter ab, doch steigt der Verbrauch schon ganz erheblich und verringert dadurch die Vorräte. Während diese Veränderungen allgemein konjunkturell bedingt sind und beweisen, daß der tiefste Punkt der Depression erreicht ist und langsam, bald selbsttätig wieder eine Heilung eintritt, zeigt doch die neueste Verbrauchsentwicklung darüber hinaus schon die ersten Auswirkungen des Austausches von Kupfer und anderer Sparmetalle durch Aluminium.

Dieser Austausch einfuhrbedingter Nichteisenmetalle — vor allem Kupfer — durch das Aluminium, hat natürlich Rückwirkungen auf die Außenhandelsbilanz gehabt. Wie schon erwähnt, ist der Devisenaufwand für die verstärkte Bauxiteinfuhr gegenüber 1933 um 1,37 Mill. Rmk. gestiegen. Wenn man aber den Devisenaufwand von 1 t Aluminium mit dem einer Tonne Kupfer oder gar Zinn vergleicht, so sieht man, daß diese Erhöhung im Vergleich zur gesamten Handelsbilanz gar keine Rolle spielt. Wenn der Devisenbedarf für 1 t etwa 100 Rmk. beträgt, so dürfen wir nicht vergessen, daß 1 t eingeführtes Rohkupfer einen Devisenaufwand von rd. 400 Rmk. bedeutet und 1 t eingeführtes Zinn fast 2800 Rmk. kostet.

Die plötzliche Steigerung des deutschen Aluminiumverbrauches im Jahre 1934 ließ die Produktion nicht ganz mitkommen. Von den verbrauchten 52500 t konnten rd. 44100 t oder 84% des Bedarfes aus der laufenden Produktion der Aluminiumhütten ⟨37100 t⟩ und teilweise aus Vorräten gedeckt werden. Es war aber notwendig, die restlichen 16% ⟨8400 t⟩ durch ausländisches Material in Form von Neu- und Altaluminium zu decken. Dies geschah

zum größten Teil auf dem Wege des zollfreien Veredelungsverkehrs und der Ausfuhr von Aluminiumfabrikaten[12]).

Daß die deutsche Aluminiumindustrie wohl in der Lage ist, den deutschen Bedarf voll zu decken und daß sie sich bei der hohen Rohmetalleinfuhr für 1934 nur um einen Ausnahmefall einer plötzlichen großen Verbrauchssteigerung handelt, der die Produktion nicht sogleich folgen konnte, möge nachstehende Uebersicht veranschaulichen[13]).

	1913	1929	1932	1933
Einfuhr	15322,5	14245,9	1767,6	2815,0
Ausfuhr	2703,2	4115,4	2541,4	3182,0
Einfuhrüberschuß	12619,3	10130,5	–	–
Ausfuhrüberschuß	–	–	773,8	366,8
Hüttenerzeugung	1000,0	32700,0	19000,0	18400,0
Aluminiumversorgung (ohne Vorräte)	13619,13	42830,3	18226,2	18033,2
Erzeugung in % des Verbrauches	7,3	76,3	104,2	102,0
Einfuhr in % des Verbrauches	112,5	33,3	9,7	15,6

Der Wert der Einfuhr beläuft sich auf:

	t	im Werte von RM	Einheitswert 100 kg in RM
1913	15323	24516000	160.–
1933	2816	1282000	46.–

Leider liegen die entsprechenden Ziffern für 1934 noch nicht vor. Nachfolgende Zahlenangaben[14]) über den Divisenbedarf der deutschen Aluminiumwirtschaft vermitteln ein klares Bild der Kosten der deutschen Aluminiumeinfuhr 1934 und der Erlöse des Exports von Rohaluminium, Halbzeug- und Fertigfabrikaten.

Der Devisenaufwand für die Einfuhr von Roh- und Hilfsstoffen betrug für 1934	3,7	Mill. Rmk.
Dazu kommt ein Devisenaufwand für die Einfuhr von Rohaluminium	3,2	„ „
Einfuhr von Alt- und Abfallaluminium . .	2,9	„ „
Einfuhr von Aluminiumfabrikaten . .	2,0	„ „
der Gesamtdevisenaufwand betrug also . .	11,8	„ „
Diesem Devisenaufwand steht ein Devisenerlös gegenüber aus dem Export von Rohaluminium	1,1	„ „
aus dem Export von Aluminiumhalbzeug und Aluminiumfabrikaten	24,7	„ „
Der Devisenerlös für 1934 beträgt demnach	25,8	„ „

12) A. Dederer, a. a. O. S. 128.

13) Uebersicht des Zentralverbandes der deutschen Walzwerks- und Hüttenindustrie E. V.

14) Dederer, a. a. O.

Aus der Differenz von Devisenerlös und Devisenaufwand:

25,8 Mill. Rmk.
11,8 „ „

ergeben sich 14,0 Mill. Rmk. als Devisen-Aktivsaldo für das Jahr 1934. In Wirklichkeit ist allerdings der Devisen-Aktivsaldo noch größer, da Aluminium noch in Fabrikaten exportiert wird, bei denen es nicht Hauptbestandteil ist.

Interessant ist eine Aufstellung des „Zentral-Verbandes“[15] über die Verwendung des Aluminiums (Verbrauch von 1933). Danach dürften 45% auf die Halbzeugindustrie zur Herstellung von Blechen, Bändern, Drähten, Stangen, Rohren und Profilen entfallen. Hiervon wird ein großer Teil in der Geschirrindustrie, im Apparatebau sowie in der Nahrungsmittelindustrie weiterverarbeitet. 18% gelangen in die Gießereien zur Herstellung besonderer Legierungen (vor allem Silumin). 15% werden zur Herstellung von Folien verwendet, um dann als Wärmeisoliermittel oder zum Einwickeln von Nahrungs- und Genußmitteln zur Anwendung kommen. 10% entfallen auf die elektrotechnische Industrie vorwiegend zur Herstellung von Freileitungen und 12% gelangen zur Fabrikation von Zylindern und Kolben im Maschinenbau u. a. mehr.

Kapitel IX:

Die Produktionskosten der deutschen Aluminiumindustrie.

1. Die Preisentwicklung des Aluminiums und die Konzentrationsbewegung in der Weltaluminiumindustrie.

Um die Jahrhundertwende betrug der Preis für das kg Aluminium etwa 2.— Mark. Die Erzeugung des Leichtmetalls in kleineren Betrieben wurde abgelöst durch die Einführung der Schmelzflußelektrolyse und die damit verbundene Gewinnung des Aluminiums im Großbetrieb. Damit beginnt aber das Leichtmetall auch als wirtschaftlicher Faktor in Erscheinung zu treten und mit den Schwermetallen zu konkurrieren. Um ein zu starkes Absinken der Preise zu verhindern, schlossen sich die Aluminiumerzeuger Europas und Nordamerikas schon im Jahre 1901 zu einem internationalen Aluminiumkartell zusammen. Bis zum Jahre 1908 gelang es, auch die Preise auf einer stabilen, ertragreichen Höhe zu halten und sogar eine Steigerung auf 3.60 Mark je kg Aluminium vorzunehmen. Durch das Einsetzen von Absatzstockungen und die Entstehung von Außenseitern wurde das Kartell im Jahre 1908 gesprengt und neue Preiskämpfe setzten ein, die den Preis des

[15] a. a. O. S. 18.

Metalls im Jahre 1911 auf die nie wieder erreichte Tiefe von 1.15 Mark herabdrückten.

Während der Kriegsjahre trat eine erhebliche Nachfrage für Heereszwecke ein, die eine Steigerung der Preise im Gefolge hatte. Während bei Kriegsbeginn der Preis für das kg Aluminium 1,65 Mark betragen hatte, stieg er im ersten Kriegsjahr bereits auf 3,25 Mark. Auf dieser Höhe hat er sich während des ganzen Krieges gehalten, zumal die Verordnungen über Höchstpreise ein weiteres Anschwellen wirksam verhinderten

Nach Kriegsende machte sich die Ueberproduktion der auf Kriegsbedarf eingestellten Hütten bemerkbar. Es bildeten sich Absatzkrisen, die im Jahre 1921 und 1922 sich in einer Depression auswirkten. Damit war auch ein Abgleiten der Preise verbunden. Danach erfolgte aber bereits wieder bei wachsendem Verbrauch und zunehmender Produktion eine Steigerung der Aluminiumpreise, die im Jahre 1925 einen Höchststand von 2,37 Rmk. erreichten. Die Erzeugung nahm in den folgenden Jahren bis 1929 weiter zu, ohne daß der Verbrauch in gleicher Weise stieg, sodaß Vorräte gebildet wurden.

Die Erzeuger waren dadurch gezwungen, mit Hilfe kollektiver Vereinbarungen die Preise zu senken. Im Jahre 1926 kam es zu einer Preiskonvention, indem die Aluminiumerzeuger von Deutschland, England, Frankreich und der Schweiz sich zu einem europäischen Aluminiumkartell, der „Aluminium Association", zusammenschlossen. Die Dauer des Kartells war für 2 Jahre angesetzt, jedoch wurde im Jahre 1928 eine Verlängerung bis zum Jahre 1931 beschlossen. Fern blieben dem Karrell die amerikanische Mellongruppe, und die kanadische „Aluminium-Ltd.". Erstere macht für ihr Fernbleiben die amerikanischen „Anti-Trustgesetze" verantwortlich. Tatsächlich gab aber der geschützte amerikanische Binnenmarkt der einheimischen Aluminiumerzeugung genügend Sicherheit, um sie eigene Wege gehen zu lassen. Vor allem die Mellongruppe zeigte daher auch um 1929 starke Expansionsabsichten, die ein Hauptgrund dafür waren, daß das europäische Aluminiumkartell trotz verschiedener Differenzen im wesentlichen zusammenhielt.

Die Einwirkung des Kartells geschah durch Festsetzen von Einheitspreisen, die für sämtliche Verbraucher in allen Ländern verbindlich waren und zur Lieferung frei Werk des Verbrauchers ohne Rücksicht auf die Transportkosten galten[1]). Ausgenommen von dieser Vergünstigung war Amerika.

Die Verlängerung bezw. Neugründung des Aluminiumkartells nach Ablauf der Frist, also mit dem Ende des Jahres 1931, erschien

1) Hug, a. a. O. S. 132.

mehr und mehr als Notwendigkeit. Die Auswirkungen der Weltkrise machten sich auch auf dem Aluminiummarkt bemerkbar. Schon 1930 mußte die Aluminiumproduktion Europas um 3,6% auf 128200 t eingeschränkt werden. Diejenige Amerikas wurde übrigens einer ähnlichen Beschränkung unterworfen und ging auf 138800 t zurück. Die sinkenden Absatzziffern und die dadurch bedingten Produktionseinschränkungen sprachen deutlich genug und auch die Preise gerieten ins Wanken, indem sie durch Rabatte und Sondervergütungen für Exportzwecke vielfach unterboten wurden. Außerdem hatten die Europäer auf den Auslandsmärkten sehr mit der amerikanischen Konkurrenz zu kämpfen, die besonders stark auf dem Gebiete der Halbfabrikate war. Die Lage und die Aussichten waren außerordentlich unbefriedigend und keiner der Beteiligten mochte es darauf ankommen lassen, durch einen Zerfall des Aluminiumkartells die Gefahr eines verschärften Preiskampfes herbeizuführen[2].

Am 22. 10. 1931, 2 Monate vor Ablauf des Kartellvertrages, wurden von den deutschen, englischen, französischen, schweizer und kanadischen Aluminiumerzeugern die „Aliance Aluminium Co AG" in Basel mit einem Kapital von 35 Mill. Schweizer Franken gegründet. Die Vereinigten Staaten schlossen sich wieder mit Rücksicht auf die Antitrustgesetze dem Weltkartell nicht an. Italien, das in seiner Aluminiumindustrie sehr stark von deutschen, schweizer und amerikanischem Kapital abhängig ist, gehört ebenfalls nicht zum Kartell, steht aber auf diese Weise indirekt damit in Verbindung[3].

Ueber die Einzelheiten des neuen Kartells ist bis jetzt nur sehr wenig bekannt geworden, besonders sind keine zuverlässigen Ziffern über die Beteiligungen der einzelnen Länder zu ermitteln. Den einzelnen Mitgliedern werden bestimmte Quoten der Erzeugung und des Verkaufes zugeteilt. Für diese Quoten selbst bestehen keine Preisbindungen, während die über diesen zugebilligten Anteil verkauften Mengen zu festgelegten Preisen von der „Aliance" abgekauft werden müssen. Trotzdem wird durch diese Art der Regelung, der Erzeugung und des Absatzes auch eine einheitliche Ausrichtung der Preise erreicht.

Tatsächlich gelang es der Politik des Aluminiumweltkartells, das weitere Anwachsen der Aluminiumweltvorräte zu verhindern. Die Preise blieben trotz der Devalvation der Währungen verschiedener Kartellpartner stabil. Allerdings bildet das hohe eingezahlte Aktienkapital die beste Gewähr für eine feste Bindung. Zweifellos hat die Kartellpolitik den Erfolg zu verzeichnen, während des Tiefstandes im Jahre 1932 krisenmildernd gewirkt zu haben.

2) Vgl. „Aluminium" (Hohenleuben) 13. Jg. H. 18, (Um die Verlängerung des Aluminiumkartells).

3) Hug, a. a. O. S. 135.

Seit dem Jahre 1926 hat sich der Aluminiumpreis nur 7 mal geändert und jeweils eine Senkung erfahren. Der auf Grund der Notverordnung über die gebundenen Preise am 1. Jan. 1932 von 1700 Rmk. je t Aluminium auf 1600 Rmk. gesenkte deutsche Preis wurde von der europäischen Aluminiumgruppe als Kartellrichtpreis übernommen. Am 1. Nov. 1934 trat übrigens in der deutschen Aluminiumindustrie eine weitere Preissenkung von rd. 10% ein, indem die Rohaluminiumpreise von 1600 Rmk. je t auf 1440 Rmk. gesenkt wurden. Diese Preissenkung erfolgte in der Absicht, der deutschen Industrie die Umstellung in der Verarbeitung von ausländischen Rohstoffen auf inländische zu erleichtern.

Im Gegensatz zu der im Teil A dargelegten Politik des internationalen Kupferkartells zeigten das europäische und später das Weltaluminiumkartell ganz andere Früchte ihrer Maßnahmen. Während die Weltkupferindustrie ungeheure Vorräte aufstapelte, die Preise auf ungesunde Höhen schraubte, um sich eine Monopolrente zu sichern und damit zwangsläufig den furchtbaren Sturz der Kupferpreise heraufbeschwor, änderte sich der Aluminiumpreis in dieser Zeit nur wenige Male. Er wurde dabei immer weiter gesenkt und wirkte so eher ausgleichend als verschärfend.

Ein anschaulicher Vergleich der Preisbewegung von Aluminium und Kupfer bietet z. B. das Jahr 1929, wo der Aluminiumpreis eine Höhe von 1.90 Rmk.[4]) erreicht hatte, während der Kupferpreis im Laufe des Jahres von 1.60 Rmk. auf über 2 Rmk. kletterte, um dann gegen Ende des Jahres wieder auf 1.70 Rmk. abzugleiten. Während nun in den folgenden Jahren die Aluminiumpreise immer nur schrittweise Senkungen erfuhren, stürzten die Kupferpreise im Jahre 1930 bereits auf 1.04 Rmk. ab, fielen 1930 weiter auf 0.60 Rmk., um in den folgenden Jahren auf etwa 0.40 Rmk. und noch darunter zu sinken.

2. Die Kraftversorgung der deutschen Aluminiumindustrie.

Wir stellten fest, daß der Anteil des Rohstoffes einschl. einiger Zusatzstoffe am fertigen Rohaluminium nur etwa 7% des Werts beträgt. Eine Senkung der Rohstoffpreise oder eine sparsamere und ausgiebigere Verwendung des Rohstoffes würde nur eine geringe Einwirkung auf den Preis des Aluminiums ausüben. Wenn wir uns in diesem Abschnitt die Aufgabe gestellt haben, die Produktionsbedingungen der Aluminiumindustrie zu untersuchen, um dann im letzten Kapitel die Frage der Wirtschaftlichkeit der Aluminiumverwendung gegenüber der Kupferverwendung aufzurollen, so müssen wir uns nach den Faktoren umsehen, die im höheren

4) Berliner Notierungen.

Maße Einwirkung auf den Preis des fertigen Leichtmetalls haben können, als der Rohstoff es tut.

Man hat der deutschen Aluminiumindustrie vielfach den Vorwurf gemacht, daß sie ein künstliches Erzeugnis sei, ein Produkt staatlicher Begünstigung, um in der Kriegszeit den notwendigen Bedarf an Leichtmetallen zu decken. In einer geordneten Friedenswirtschaft müsse sich dagegen die Außerachtlassung der Rentabilitätsgesichtspunkte rächen, zumal Deutschland nur über angeblich geringe Wasserkräfte verfügt und den zur Elektrolyse notwendigen Strom teuer durch Kohle erzeugen muß, im Gegensatz zur Schweiz, Frankreich oder Norwegen[5]). Wenn man sich vor Augen hält, daß zur Erzeugung von 1 kg Aluminium rd. 25 KWh elektrischer Energie erforderlich sind, so sieht man ein, daß es sich hierbei um einen Faktor handelt, der in höherem Maße Einfluß auf die Gestehungskosten des Aluminiums hat als der Preis des Rohstoffes.

Das Ziel der Untersuchung muß es daher sein, die Kosten der Stromerzeugung mittels Dampfkraft denen mittels Wasserkraft gegenüberzustellen und die Möglichkeiten einer Ausnutzung der deutschen Wasserkräfte aufzuweisen.

Nach den vorläufig in der Praxis gebräuchlichsten Verfahren der Tonerdeherstellung (mit Ausnahme des Haglundverfahrens) ist die Verwendung von Brennmaterial unbedingtes Erfordernis. Selbst Gautschi erkennt hier eine Vormachtstellung Deutschlands gegenüber den anderen europäischen Aluminiumerzeugern an, indem das Vorhandensein billiger Kohle Deutschland zur Verarbeitung des Bauxits in Tonerde geradezu „prädestiniert". Die Ueberlegenheit der schweizer, französischen, norwegischen und zum Teil auch englischen Aluminiumindustrie auf Grund ihrer billigen Herstellung von elektrischer Energie durch Wasserkraft kann sich daher nur auf den Prozeß der Schmelzflußelektrolyse beziehen.

Früher betrug der Stromverbrauch zur Erschmelzung eines kg Aluminium aus reiner Tonerde 35—40 KWh. Durch Vergrößerung der Oefen und Verbesserung der Einrichtungen wurde der Verbrauch bis auf 22 KWh reduziert. Eine weitere Verringerung wird sich gegenwärtig nur dann erzielen lassen, wenn grundsätzlich andere Verfahren der Aluminiumerschmelzung zur Anwendung kommen. Eine Reduzierung des Aufwandes für die gegenwärtig gebräuchliche Art der Elektrolyse läßt sich aber nur auf dem Wege der Auswahl der billigsten Kraftquelle ermöglichen.

Als erste Frage ist zu beantworten, was eine durch Dampfkraft erzeugte KWh elektrischer Energie kostet. Wir müssen diese Untersuchung speziell für deutsche Aluminiumindustrie führen, da

5) Vor allem Gautschi: Die Aluminiumindustrie. Diss. Zürich, 1935.

sonst eine Bestimmung großen Schwankungen in Bezug auf die Größe der Zentralen unterworfen ist. Für die deutschen Aluminiumhütten kommen Großkraftanlagen in Frage, die auf Braunkohle basieren und mit Dampfturbinen von je 15—20000 kW Leistungsfähigkeit ausgerüstet sind[6]).

Der Preis für eine KWh, der in einer deutschen Großbraunkohlenzentrale erzeugten Energie, kann heute günstigenfalls mit 1,2—1,8 Pfg. angenommen werden[7]). Zur Herstellung eines kg Aluminiums sind danach mindestens 30 Pfg. für elektrische Energie aufzuwenden.

Wie gestalten sich nun die Kosten bei Wasserkraftwerken, die das Ausland benutzt? Nach Waeser[8]) betragen die Preise für 1 KWh durch ein südnorwegisches Wasserkraftwerk erzeugte Energie etwa 0,5 Pfg. Dabei ist zu beachten, daß die norwegischen Wasserkraftwerke den billigsten Strom zu liefern in der Lage sind. So kostet z. B. die KWh des Niagara-Kraftwerks in Nordamerika schon 1 Pfg. Die Stromkosten der anderen Länder mögen etwa zwischen diesen beiden Werten liegen. Vor allem verfügen Kanada und die Schweiz noch über sehr billigen Strom. Wenn man die in Deutschland für elektrische Energie pro 1 kg Aluminium aufgewendete Summe mit 0,30 Rmk. ansetzt, so betragen die Kosten für dieselbe Strommenge für ein norwegisches Kraftwerk etwa 12,5 Pfg.

Vergleicht man die Stromkosten des deutschen Braunkohlenkraftwerks und des norwegischen Wasserkraftwerks miteinander, so ergibt sich ein Aufwand des ersteren von 17,5 Pfg. Bei einem Aluminiumpreis von 1,44 Rmk. pro kg würde dieser Mehraufwand etwa 12% ausmachen. Setzt man aber die Stromkosten z. B. des Niagara-Kraftwerkes in diesen Vergleich ein, berechnet also die KWh statt mit 0,5 Pfg. mit 1 Pfg. so sind zur Erzeugung von 1 kg Aluminium bereits 25 Pfg. Stromkosten nötig, die Differenz beträgt dann nur 5 Pfg. oder 3,5% des gegenwärtigen Aluminiumpreises.

Seit 1925 besitzt aber Deutschland bereits eine Aluminiumhütte, die ihren Strom durch ein Wasserkraftwerk bezieht. Durch die Inbetriebnahme des Werkes Töging der Vereinigten Aluminiumwerke AG verminderte sich die Ueberlegenheit der ausländischen Konkurrrenz gegenüber Deutschland bereits um $^1/_4$. Die Stromkosten des Innwerkes dürften mit 1 Pfg. pro KWh nicht zu niedrig gegriffen sein[9]). D. h. bei ca. 12000 t der deutschen Produktion

6) Hans Bannert: Der Rohaluminiumweltmarkt und die deutsche Rohaluminiumindustrie. Diss. Halle-Saale, 1927, S. 48.

7) D. erste Ziffer nach Tiedemann, a. a. O., S. 95, die zweite nach einer Mitteilg. des Reichsverbandes der deutsch. Wasserwirtschaft an den Verfasser.

8) Die Verwertung der Wasserkraft für die chemische und metallurgische Industrie in „Wasserkraftjahrbuch", 1925/26 S. 69.

9) Der Reichsverband d. deutsch. Wasserwirtschaft berechnet den Durchschnittspreis pro KWh bei Heranziehung einer Großwasserkraft auf 1 Pfg.

an Aluminium belaufen sich die Stromkosten je kg Aluminium ebenfalls nur auf 25 Pfg.

Zu untersuchen wären nun noch die Möglichkeiten eines Wasserkraftausbaues in Deutschland. Die Schätzungen über die ausbaufähigen deutschen Wasserkräfte belaufen sich auf 6.65 Mill. KW mit einer Jahresarbeit von 32 Milliarden KWh. Die Behauptung von der Armut Deutschlands an Wasserkräften ist danach haltlos, denn es steht den führenden europäischen Ländern wie Norwegen, Frankreich, Italien und Schweiz um nicht viel nach. Auch in Bezug auf die Ausbaukosten können die deutschen Wasserkräfte z. B. mit den französischen und italienischen konkurrieren. Die stärksten Vorkommen befinden sich in Süddeutschland. Die mitteldeutschen Wasserkräfte, die zwar große Wassermengen führen, treten infolge ihres geringen Gefälles und der erheblichen Unregelmäßigkeiten weit hinter die Süddeutschlands zurück. Von Bedeutung sind auch einige Flüsse Norddeutschlands im Bereiche des durch Pommern und Brandenburg verlaufenden Höhenzuges. Bayern benutzt heute vorwiegend für die Stromerzeugung Wasserkraft als Energiequelle. Ihr Anteil betrug im Jahre 1928 an der gesamten öffentlichen Versorgung Bayerns 81.9%. Nach dem neuesten Stand der Arbeit sind von den deutschen Wasserkräften rund 2.2 Mill. KW mit einer durchschnittlichen Jahresarbeit von rd. 10 Mlld. KWh ausgebaut worden[10]).

In den letzten Jahren wurden vielfach Stimmen laut, die das Wasserkraftwerk gegenüber dem Dampfkraftwerk als nicht mehr konkurrenzfähig erklärten. Tatsächlich verschlingt der Bau eines Wasserkraftwerkes das Mehrfache an Kosten des Baues eines Dampfkraftwerkes. Die Wasserkraftwerke, die der ausländischen Aluminiumindustrie den Strom liefern, sind aber Werke, die schon seit langer Zeit bestehen und stark abgeschrieben sind. Die Ausnutzung der Kohlenenergie hat in den letzten Jahrzehnten immer mehr zugenommen. Die Grundlagen für die aus Kohle erzeugte KWh wurden immer günstiger, da die verbesserte Bewirtschaftung der Kohle und der Wettbewerb mit dem Auslande ein zu starkes Steigen der Kohlenpreise verhinderte. Die Ausnutzung des Brennstoffes ist mit der Erhöhung des Dampfdruckes, der verbesserten Kesselkonstruktion, der Anwendung der Wärmespeicher und vor allem auch der Energiekonzentration und der dadurch ermöglichten Einrichtung von Großkraftwerken wesentlich günstiger geworden als vor dem Kriege[11]).

Es hat sich in den vergangenen Jahren zur Genüge gezeigt, daß die durch Wasserkraft erzeugte elektrische Energie nicht in jedem

10) Nach einer Mitteilung des R.V. d. deutsch. Wasserwirtschaft a. d. Verf.
11) F. Oesterlin: Wasserkraftausbau in Deutschland in VDI-Zeitschrf. Bd. 74, Nr. „Weltkraftkonferenz 1930" S. 833.

Falle der durch Dampfkraft erzeugten überlegen ist. Abgesehen von den hohen Anlagekosten ist auch die Erzeugung des Wasserkraftwerkes eine konstante und sie kann in den Jahren ungünstiger Konjunkturverhältnisse nicht beliebig gedrosselt werden, was beim Dampfkraftwerk ohne weiteres möglich ist. Ein gleiches gilt natürlich auch für eine entsprechende Steigerung des Strombedarfs. Zum Ausgleich der Belastungsspitzen müssen nämlich bei Wasserkraftwerken meist noch Dampfturbinen oder große Dieselmotoren herangezogen werden, wenn keine Wasserkraftspeicheranlagen zur Verfügung stehen. Außerdem verschlingt der Ausbau eines Dampfkraftwerkes nur einen Teil der Kosten, die der Ausbau eines Wasserkraftwerkes erfordert.

3. Die Produktionskosten.

Es ist in der metallwirtschaftlichen Literatur schon mehrfach versucht worden, die Gestehungskosten der Aluminiumindustrie zu berechnen und damit die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Aluminiumindustrie gegenüber der ausländischen darzustellen. Die Schwierigkeit bei diesen Aufstellungen liegt in der Verschwiegenheit der Aluminiumwerke. Die Furcht vor Veröffentlichungen wirkt sich natürlich besonders in Bexug auf die Selbstkostenrechnungen aus. Es soll im Folgenden nicht versucht werden, den verschiedenen Berechnungen eine neue entgegenzustellen, es soll vielmehr nur ein Auszug der in der Literatur erschienenen Selbstkostenberechnungen angeführt werden, sodaß man sich ungefähr ein Bild von den durchschnittlichen Selbstkostenpreisen machen kann. Die im Schrifttum am meisten angeführten Berechnungen sind die von Nissen[12], Anderson, Winteler[13], Kossmann[14] u. a.

Im Jahre 1903 kommt Winteler in seinem Buche „Die Aluminiumindustrie" zu einem Selbstkostenpreis von 1,89 Mark. Diese Berechnung ist aber schon seit langem überholt, indem es gelungen ist, den Preis um $^1/_3$ zu senken. Kossmann berechnet dann die Selbstkosten auf:

---

12) Zitiert b. Tiedemann, a.a.O. S. 33; H. Bannert, a.a.O. S. 45; Gautschi a.a.O. S. 57 (erschienen in Aluminium manufacturing processes used in Europe, in Chemical and Metallurgical Engeneering, New Jork, 1918, S. 804/14. und The Metallurgy of Aluminium and Aluminium Alloys, New Jork 1925.

13) Zitiert bei R. Debar: D. Aluminiumindustrie, Braunschweig 1925. — Kossmann, Über d. wirtschaftl. Entwicklung des Aluminiums. Diss. Frankfurt, 1911, S. 78/79. — Bannert, a. a. O. S. 44.

14) Kossmann, a. a. O. S. 78 ff.

Tonerde	0,20—0,25	Mark
Kryolith	0,15	„
Elektroden . . .	0,15—0,20	„
Fabrikationskosten ohne Wasserkraft .	0,15	„
Wasserkraft . . .	0,25	„
Generalia	0,20	„
	1,10—1,20	„

Die Berechnung Kossmanns wurde bei ihrem Erscheinen von dem Direktor Dux der AI AG Neuhausen, scharf angegriffen, da gerade in diesem Jahr der Verkaufspreis für das kg Aluminium nur 1,15 Mark betrug. Dux berechnete nun als Entgegnung auf die Kossmansche Angabe den Selbstkostenpreis für 1 kg Aluminium auf 0,72 Mark.

Nach Nissen beträgt der durchschnittliche Selbstkostenpreis für 1 kg Aluminium:

34 KWh elektrische Energie zu 0,6 Pfg. . . .	0,21	Mk.
2,00 kg Tonerde zu 20 Pfg.	0,40	„
0,80 kg Elektroden zu 28 Pfg.	0,22	„
0,12 kg Kryolith zu 32 Pfg.	0,04	„
0,05 kg Fluorsalze zu 40 Pfg.	0,02	„
0,25 Arbeitsstunden zu 48 Pfg.	0,12	„
Generalunkosten	0,12	„
	1,13	Mk.

Anderson berechnet einen Preis von 1.29 Mk. und Lodin, den Anderson zitiert, einen solchen von 1,05 Mk. Faßt man diese angeführten Berechnungen zusammen, so ergibt sich folgende Aufstellung:

Winteler ⟨1903⟩ . . .	1,89	Mk.
Kossmann ⟨1911⟩ . . .	1,15	„
Dux ⟨1911⟩	0,72	„
Nissen ⟨1918⟩	1,13	„
Anderson ⟨1925⟩ . . .	1,29	„
Lodin ⟨1909⟩	1,17	„

Die Berechnungen von Winteler und Dux können unberücksichtigt bleiben, da die erstere bereits überholt ist und die letztere sich nur auf das Jahr des tiefsten Preisstandes des Aluminiums bezieht, der bislang nicht wieder erreicht wurde.

Ein Weg, den durchschnittlichen Annäherungswert für den Selbstkostenpreis des Aluminiums zu errechnen, ist die Feststellung des arithmetischen Mittel aus den vier übrigen Werte. Danach ergibt sich ein Durchschnittspreis von rd. 1,19 Rmk. für das kg Rohaluminium.

Aus den angeführten Kostenaufstellungen geht hervor, daß der Anteil der letzten Betriebsstufe bei Aluminiumgewinnung — der Schmelzflußelektrolyse — fast $^2/_3$ der Kosten ausmacht, während der Aufwand für Tonerdefabrikation und vor allem für die Rohstoffgewinnung außerordentlich niedrig ist. Eine Preissenkung z. B. der Rohstoffkosten würde sich nur ganz unbedeutend auf den Rohmetallpreis auswirken. Man rechnet z. B. mit einem Anteil der Rohstoffkosten an denen des Fertigproduktes in Höhe von etwa 5,9%[15]. Eine Preissenkung des Bauxits in Höhe von 10% würde sich daher am fertigen Aluminium nur mit 0,5% auswirken. Der Anteil an der Tonerdefabrikation ist bereits höher und beträgt ein knappes Drittel der Gesamtkosten, sodaß es sich hierbei schon lohnt, billigere Verfahren auszubilden. Wie bekannt, liegen eine Anzahl derartiger Versuche schon vor, doch ist bei ihnen bislang der gewünschte Erfolg noch nicht eingetreten, indem sie die alten Verfahren nicht restlos abzulösen vermochten. Zweifellos können aber hier noch neue Wege beschritten werden, während die dritte Betriebsstufe einen Grad der Vervollkommnung erreicht hat, der keine Möglichkeit zu weiteren Verbesserungen bietet, sofern sich nicht der Prozeß der Schmelzflußelektrolyse durch eine ganz andere Art der Gewinnung ersetzen ließe. Damit ist aber vorläufig nicht zu rechnen. Im übrigen sind die Aluminiumhütten an bestimmte Kraftquellen gebunden, sei es nun Wasser oder Dampfkraft, deren weiterer Ausbau mit hohen Kosten verknüpft ist und infolge der hohen Amortisationskosten einen Umbau wegen geringfügiger Einsparungen als nicht rentabel erscheinen läßt.

4. Die Aluminiumzollfrage.

In diesem Zusammenhange sei noch kurz auf die Frage eines Zolles auf Aluminium eingegangen. Nach dem Bismarckschen Zolltarif vom 15. 7. 1879 war Aluminium wie alle Nichteisenmetalle zollfrei. Seit der Kriegszeit bestand dann ein Einfuhrverbot für Aluminium im rohen Zustand, das nur die Einfuhr gestattete, wenn die deutschen Hütten nicht zum gleichen Preise und zu den gleichen Bedingungen eintreten konnten oder wollten wie der ausländische Produzent. Die Handhabung dieses Verbotes geschah aber immer im einfuhrfreundlichen Sinne. Außerdem stellte es keinen Schutz der heimischen Aluminiumindustrie gegenüber ausländischem Dumping dar. Diese Situation trat aber 1929 ein, als der amerikanische Mellontrust eine starke Expansionspolitik zu treiben begann. Damals

15) In dem auf S. 120 berechneten Anteil der Rohstoffe am Fertigprodukt in Höhe von 7% waren die Kosten für Kryolith und Petrolkoks einbegriffen, die in der dritten Betriebsstufe erst eingesetzt werden und hier nicht in Betracht kommen.

wurden auch verschiedene Stimmen laut, die die Einführung eines deutschen Einfuhrzolles auf Rohaluminium forderten. Tatsächlich besaßen alle Aluminium erzeugenden Länder mit Ausnahme Deutschlands und Englands ein ausgebautes Zollsystem. Die Bemühungen um einen deutschen Aluminiumzoll hatten Erfolg und mit Wirkung vom 1. 8. 1930 wurde das längst veraltete Einfuhrverbot für Aluminium aufgehoben und ein Einfuhrzoll erhoben, der aber lediglich eine Marktsicherung und keinesfalls eine Preissicherung darstellen soll. Er beträgt:[16]

Allgemeiner und Obertarif (wird jetzt nicht angewandt) in RMk. für 100 kg

Roh in Blöcken, Barren etc.	25,00—100,00
geschmiedet od. gewalzt	37,00—110,00
Draht über 0,5 mm stark	37,00—110,00
„ unter 0,5 mm stark	75,00—220,00
Kabel und Seile	120,00—360,00
Folien und Geschirr	120,00—360,00
Späne	12,00— 48,00
Abfälle	20,00— 60,00
Folienabfälle unter 0,1	frei

Außerdem besteht für sämtliche Waren eine Ausgleichssteuer in Höhe von 2% vom Wert.

Durch Notverordnung vom 18. 1. 1932 ist die Reichsregierung ermächtigt worden, im Falle eines dringenden wirtschaftlichen Bedürfnisses für sämtliche Waren aus Ländern mit Währung ohne Goldparität und mit denen das deutsche Reich nicht in einem handelsvertraglichen Verhältnis steht oder welche die deutschen Waren ungünstiger behandeln als die Waren eines dritten Landes, erhöhte Zollsätze festzusetzen. Von dieser handelspolitischen Waffe wurde bislang aber kein Gebrauch gemacht.

Kapitel X:

Die Frage der Rentabilität bei der Verwendung von Aluminium anstelle von Kupfer und der Umfang des Austausches der beiden Metalle.

1. Kostenvergleich zwischen Kupfer und Aluminium.

a) im Freileitungsbau.

Einen Kostenvergleich zwischen einer Freileitung aus Kupfer und der aus Aluminium bringt von Schoenebeck[1]. Seine Berechnung ist sehr aufschlußreich, wenngleich der Preisstand vom Juni 1928 herangezogen ist, der dem heutigen nicht mehr gleicht.

16) Hug, a. a. O. S. 141.
1) D. Aluminiumzollproblem, 1929. S. 91 ff

Es ist bekannt, daß die elektrische Leitfähigkeit des hartgezogenen Reinaluminiums 35 m/Ohm . qmm und die des Kupfers 56—58 m/Ohm. qmm betragen[2]). Die Leitfähigkeit des Aluminiums beträgt danach etwa 62% von der des Kupfers. Die spezifischen Gewichte der beiden Metalle (AL = 2,7 und Cu = 8,9) verhalten sich wie 1 : 3.29. Die Festigkeit von Aluminium- und Kupferseilen verhält sich wie 75 : 100.

Mitte Juni 1928 betrug der Aluminiumpreis für 100 kg 190.— RM und der Preis für die gleiche Menge Elektrolytkupfer 139.50 RM. Daß dem Volumen von 100 kg Kupfer gleiche Aluminiumvolumen (190/3.29) würde demnach 57.75 RM. kosten. Beim Ersatz von Kupfer durch Aluminium würde sich bei gleichen Volumen eine Ersparnis je 100 kg von 81.75 RM. ergeben. Da es sich im vorliegenden Falle um ein Beispiel aus der Elektrotechnik handelt, so müssen wir auch die gleiche Leitfähigkeit für beide Metalle einsetzen. D. h. der Querschnitt der Aluminiumleitung muß entsprechend vergrößert werden. Da das Verhältnis der Leitwerte der beiden Metalle zueinander sich wie 1 : 1.64 verhält, so muß man, will man Leitwertgleichheit des Aluminiums erreichen, den errechneten Betrag von 57.75 RM. mit 1,64 multiplizieren. Dadurch erhalten wir den Preis der Aluminiummenge gleichen Leitwertes wie 100 kg Kupfer. Er beträgt 94,71 RM. Die Ersparnis gegenüber dem Kupfer beträgt demnach 44.79 RM. Aber auch diese Ziffer erscheint noch zu hoch, denn da das Leitaluminium als Seil verwandt wird und der Herstellungspreis der Seile sich beim Kupfer niedriger als beim Aluminium stellt, wird noch eine Erhöhung der Kosten für die Aluminiumleitung eintreten. Ferner sind bei der Verlegung von Aluminium anstelle von Kupfer für Leitungszwecke noch andere Umstände zu berücksichtigen, die erhebliche Kostenunterschiede bedingen können. Gemeint sind damit Umkonstruktionen der Masten, Aenderungen im Mastenabstand bezw. der Spannweite sowie der Zahl der benötigten Masten. Hier liegt auch der Punkt, von dem ab der Vergleich der Verwendungsfähigkeit von Aluminium und Kupfer zu elektrischen Leitungen nicht mehr auf allgemeiner Basis weiter geführt werden kann, sondern sich auf die besonderen Umstände der betreffenden Leitungsstrecke einstellen muß.

Als Beispiel wird in der genannten Berechnung der Preis einer 10 km langen 100 KV Leitung in Aluminium- und Kupferausführung angegeben.

Aluminiumpreis	= 214726 Rmk.
Kupfergesamtpreis	= 235397 „

2) Vgl. Aluminium-Taschenbuch, 5. Aufl. S. 161.

Die Aluminiumleitung stellt sich danach um etwa 20600 Rmk. = 9,6% billiger. Generell berechnet von Schoenebeck die Ersparnis bei Verlegung von Aluminiumseilen gegenüber Kupferseilen — Preisstand von 1928 angenommen — auf 5—12%.

Inzwischen haben sich aber die Preise grundlegend geändert. So kosten gegenwärtig 100 kg Aluminium 144 Rmk., während der Kupferpreis für die gleiche Menge zwischen 40 und 50 Rmk. schwankt, teilweise sogar noch darunter lag. Man kann heute rechnen, daß die Kosten für die bei der Schoenebeckschen Berechnung zugrunde gelegten 100 KV Freileitung, 6fach belegt (2 Drehstromsysteme zu je 3 Phasen) bei einem Elektrolytkupferpreis von 40 Rmk. per 100 kg durchschnittlich um etwa 14% und bei einem Elektrolytkupferpreis von 50 Rmk. per 100 kg um etwa 10% teurer kommt, wenn sie in Aluminium ausgeführt wird[3]). Hierbei ist es von verhältnismäßig geringem Einfluß, ob für die Aluminiumleitung Reinaluminiumseile oder Aluminiumseilarten höherer Festigkeit wie Stahlaluminium- oder Aldreyseile verwendet werden.

Die Gesamtkosten einer Freileitung setzen sich zusammen aus den Preisen für die Leitungsseile und aus denen, die für die Masten, Isolatoren, Mastfundamente, Seilarmaturen u.dgl. sowie für die Montage und den Grunderwerb aufgewendet werden müssen. Die Seilkosten machen bei der als Beispiel angeführten 100 KV Freileitung etwa 20% der Gesamtstreckenkosten der fertigen Leitung aus. Diese Seilkosten sind bei Reinaluminiumseilen um etwa 29% höher, wenn der Elektrolytkupferpreis 40 Rmk. per 100 kg beträgt und um etwa 12% höher bei einem Elektrolytkupferpreis von 50 Rmk. Dadurch ergibt sich, daß lediglich infolge des höheren Seilpreises die Gesamtleitungskosten bei einer solchen Leitung gegenüber der Kupferausführung um 6% im ersten Falle bezw. 3% im zweiten Fall größer sind. Die übrigen 8 bzw. 7% Mehrkosten der fertigen Leitung ergeben sich dann durch die bei Reinaluminiumseilen infolge der größeren Durchhänge notwendigen höheren Mastkosten sowie höheren Montage- und Armaturenkosten. Bei Stahlaluminium- und Aldreyverwendung können die Mastkosten sogar geringer werden als bei der entsprechenden Kupferleitung, weil bei diesen Werkstoffen geringere Durchhänge entstehen als bei Aluminiumseilen, sodaß im Ganzen gesehen, wie bereits oben erwähnt, trotz der höheren Materialkosten von Stahlaluminium und Aldrey, die Leitung gegenüber der Kupferausführung nur um etwa den gleichen Prozentsatz teurer wird als bei Reinaluminium.

Bei dieser Berechnung kann es sich natürlich nur um Durchschnittswerte handeln, weil der tatsächliche Preis einer Freileitung

3) Nach einer Mitteilg. der Aluminium-Werke AG an den Verf.

noch von vielen anderen Faktoren wie Geländeverhältnissen etc., abhängig ist. Bei Leitungen geringerer Spannung als 100 KV sind übrigens im allgemeinen die Preisdifferenzen bei Verwendung von Aluminium noch etwas höher.

b) Bei Spulen von Aluminium- und Kupferwicklung.

Aluminiumspulen stellen sich heute etwa um 8% teuerer als leitwertgleiche Kupferspulen, während vor 5 Jahren die Verwendung von Aluminiumspulen eine Ersparnis von 35% gegenüber der Kupferausführung brachte. Heute gelangt die Verwendung von Aluminiumspulen vor allem zur Anwendung beim Bau von Lastmagneten. Bei Aluminiumverwendung wird das Gewicht des Magneten bei gleicher Tragfähigkeit gegenüber der Kupferausführung geringer und außerdem gestattet die Oxydisolation der Aluminiumwicklung, deren Wärmebeständigkeit bereits erwähnt wurde, die Verwendung zum Heben für heißes Material. Da außerdem die Umspinnung der Kupferdrähte ziemlich viel Raum einnimmt, während die Oxydisolierung des Aluminiums nur Bruchteile von mm beträgt, hat eine Aluminiumspule kaum einen größeren Umfang als eine entsprechende Kupferspule, obwohl der Durchmesser der Aluminiumdrähte infolge der geringeren Leitfähigkeit größer sein muß. Besonders wirkt sich übrigens diese Raumersparnis bei 4kantigen Drähten aus.

Im folgenden sei zur Veranschaulichung eine Vergleichstabelle zwischen einem Lastmagneten gleicher Tragkraft aus Aluminium und aus Kupfer angefügt[4]. Die Berechnung fußt auf einem sehr günstigen, wahrscheinlich durch Sonderrabatte erzielten Preisverhältnis zwischen Kupfer und Aluminium.

Tragkraft in kg	Gewicht in kg	Durchmesser	Preis	bei Metallpreis von Rmk.
Al: 470/14000[5][6]	1120	1100 mm	1430.00	120 p. 100 kg
Cu: 470/14000	1250	1100 mm	1400.00	47 p. 100 kg

Die Isolierung der Aluminiumspule geschah durch elektrolytische Oxydation, die der Kupferspule durch Umwicklung mit Papier und Baumwolle. Aus der Tabelle geht hervor, daß der Magnet mit Aluminiumspule eine Gewichtsersparnis von 130 kg aufweist bei einer Verteuerung von 30.— Rmk. gegenüber dem Magnet mit Kupferspule.

4) Nach einer Mitteilung der Erdeltwerke GmbH-Eberswalde, an den Verf.
5) für Gußspäne.
6) für ebenen Block.

c) Im Blitzableiterbau.

Interessant ist ein Vergleich zwischen einer Blitzschutzanlage mit Kupfer- und Aluminiumleitern nach dem gegenwärtigen Preisstand. Blitzschutzanlagen dürfen heute aus Kupfer nicht mehr hergestellt werden. Als Ersatz wird verzinktes Eisen und vor allem Aluminium herangezogen. Da bei einer Blitzschutzanlage keine Rücksicht auf die geringere Leitfähigkeit des Aluminiums genommen zu werden braucht, da die verwendeten Querschnitte in beiden Fällen zur einwandfreien Leitung ausreichen, so ergibt sich die Anlage von Aluminium eine beachtliche Ersparnis, was aus nachstehender Aufstellung hervorgeht[7]:

Nr.	Anzahl		Gegenstand	Einzel-Preis Aluminium	Ges.Preis Aluminium	Einzel-Preis Kupfer	Ges.Preis Kupfer
1	100	lfdm	Draht zu 8 mm Durchm.	0.38	38.00	0.88	88.00
2	30	„	„ „ 10 „ „	0.58	17.40	1.25	37.50
3	27	Stck.	Firststützen mit Abdeckplatte	0.47	12.69	1.60	43.20
4	16	„	Bieberschwanzeisen	0.60	9.60	2.00	32.00
5	2	„	Auffangspitzen f. Schornsteine	2.65	5.30	2.65	5.30
6	4	„	Auffangspitzen f. Giebel	0.28	1.12	0.75	3.00
7	4	„	Halteeisen f. Schornsteine	0.40	1.60	0.40	1.60
8	13	„	Verbindungsmuffen	0.85	11.05	1.30	16.90
9	1	„	Kreuzstück	0.45	0.45	2.20	2.20
10	8	„	Dachrinnenklemmen	0.66	5.28	1.90	15.20
11	12	„	Mauerstützen	0.33	3.96	0.95	11.40
12	3	„	Schutzrohre m. Abdeckh.	4.80	14.40	4.80	14.40
13	8	„	Schutzrohrschellen	0.33	2.64	1.20	9.60
14	1	„	Wasserrohranschlußschelle	3.50	3.50	3.50	3.50
15	3	„	Fallrohrschellen	1.35	4.05	1.35	4.05
16	3	„	Anschlußstücke	1.60	4.80	1.60	4.80
17	3	„	Prüfmuffen	1.55	4.65	3.20	9.60
18			Kleinmaterial, Walzblei, Cupalblech, Farbe u. Zement	4.00	4.00	4.00	4.00
19	50		Montagestd.	1.35	67.50	1.35	67.50
			insgesamt		211.99		373.75

Es ergibt sich daraus eine Ersparnis bei der Aluminiumverwendung gegenüber dem Kupfer von 161.76 Rmk., d. h. die Aluminiumblitzschutzanlage ist um etwa 43% billiger als die Anlage in der Kupferausführung. Dieses günstige Preisverhältnis für Aluminium erklärt sich aber nur aus der Tatsache, daß keine Verstärkung der Drähte zur Erreichung von Leitwert- und Festigkeitsgleichheit mit Kupfer notwendig war.

d) Zusammenfassung.

Die Rentabilität der Verwendung von Aluminium gegenüber der von Kupfer ist in den einzelnen Verbrauchsgebieten verschieden.

7) Kostenaufstellung des Dachdeckermeisters u. staatl. geprüften Blitzableitersetzers A. H. Weißenbeck, jun., Halle-Saale.

Besonders für die Elektrotechnik ist infolge des niedrigen Kupferpreisstandes die Verwendung von Aluminium ungünstiger geworden. Bei der Elektrotechnik kommt das geringe spezifische Gewicht des Aluminiums gegenüber dem des Kupfers nicht voll zur Geltung, da die Leitfähigkeit eine geringere ist. Um aber Leitwertgleichheit mit Kupfer zu erreichen, muß der Querschnitt der Aluminiumleiter um das 1,6fache vergrößert werden. Das Verhältnis von Aluminium zu Kupfer beträgt nicht mehr 1 : 3,29, sondern rd. 1 : 2. D. h., 50 kg Aluminium stellen das leitwertgleiche Volumen wie 100 kg Kupfer dar. Da aber 50 kg Aluminium gegenwärtig mehr kosten als 100 kg Kupfer, so ist die Konkurrenzfähigkeit mit Kupfer nicht gegeben. Dies ersehen wir deutlich bei dem angeführten Beispiel der Verwendung von Aluminium im Freileitungsbau. Wesentlich günstiger verhalten sich dagegen die Aluminiumpreise gegenüber den Kupferpreisen in dem angeführten Beispiel der Spulen für Lastmagnete, wo wahrscheinlich auf Grund von Sonderrabatten der Preis des Aluminiums sich nur auf etwa 120 Rmk. per 100 kg beläuft, sodaß die Anwendung von Aluminium anstelle von Kupfer kostenmäßig nicht so große Nachteile aufweist wie bei dem angeführten Beispiel im Freileitungsbau.

Wenn die durch die staatlichen Anwendungsverbote eingeleitete Umstellung auf einheimische Werkstoffe ihre volle Auswirkung erfährt und der deutschen Aluminiumindustrie geradezu einen Mehrabsatz garantiert, damit aber die Rentabilität der Werke erhöht, so erscheint es nach dem über die Produktionskosten Gesagten denkbar, daß der Aluminiumpreis pro kg noch eine Senkung erfahren kann. Da in letzter Zeit auch die Kupferpreise sich wieder zu erholen beginnen, ist es nicht ausgeschlossen, daß in Bälde das erstrebte Preisverhältnis von Kupfer zu Aluminium wie 1 : 2 wieder annähernd erreicht wird, sodaß die Verwendung von Aluminium anstelle von Kupfer auch privatwirtschaftlich keine Verluste bringt.

2. Der Umfang des Austausches von Kupfer durch Aluminium.

Wie schon im Kapitel VI angeführt, betragen die Schätzungen über die Einsparung von Kupfer aufgrund der Verbote vom 1. 6. und 10. 8. 1934 etwa 5000 t für Freileitungen und 12000—15000 t für die anderen Gebiete.

Nach den für 1934 vorliegenden Bauprogrammen der deutschen Leitungsbesitzer scheint die Schätzung von einer eingesparten Kupfermenge von 5000 t zu stimmen. Würden diese projektierten Leitungen in Aluminium ausgeführt worden sein, so wären 2500 t Leichtmetall dazu verwendet worden. ‹Gleiche Leitfähigkeit angenommen›. Zweifellos aber wurde das gesamte Bauprogramm, das

ursprünglich für Kupfer vorgesehen war, infolge der notwendigen Umstellung auf einen anderen Werkstoff gekürzt, eine Maßnahme, die natürlich nur für das Jahr 1934 Geltung hat. Immerhin ist aber damit zu rechnen, daß 1500—2000 t Aluminium zusätzlich zum Freileitungsbau verwendet wurden[8]. Durch diese Ersparnis an Kupfer tritt schon eine gewisse Entlastung der Devisenlage ein und darüber hinaus wirkt sich diese Umstellung günstig auf die Arbeitsbeschaffung aus. Allein der deutschen Elektrizitätswirtschaft wird durch die Erzeugung der im Leitungsbau benötigten Aluminiummengen für 1934 ein Stromverbrauch von ungefähr 40—50 Mill. KWh entstehen.

Nach einem Gutachten Oskar von Millers[9] aus dem Jahr 1932 wird der Gesamtbedarf der deutschen Starkstromtechnik an Kupfer jährlich auf 40000 t berechnet, der sich folgendermaßen verteilt:

für Generatoren, Transformatoren u. Schaltanlagen der Zentralstationen	2000 t
für die 220 KV Reichssammelschiene einschl. Transformatoren	4000 t
für die 110 KV Landesnetze einschl. Transformatoren	4000 t
für die Kreisnetze einschl. Transformatoren	8000 t
für die Ortsnetze einschl. Transformatoren	18000 t
für Hausinstallationen, Geräte, Motoren etc.	2000 t
für elektr. Bahnen, einsch. Lokomotiven	2000 t
	40000 t

Damals wurde angenommen, daß etwa 8000 t Kupfer durch Aluminium ersetzt werden könnten und zwar durch Einbau von 5000 t Aluminiumleitungen. Heute können wir feststellen, daß der weitaus größte Teil des oben geschilderten Bedarfes durch Aluminiumverwendung gedeckt werden könnte, wobei etwa ein Einbau von rd. 18—20000 t Aluminium in Frage kommen würde.

Ein anderes Beispiel für die Möglichkeit des Ersatzes von Kupfer und vor allem seiner Legierung Messing bildet der deutsche Wohnungsbau. 1933 wurden rd. 200000 Wohnungsneubauten bzw. Umbauten vorgenommen. Der Messingverbrauch für Beschläge betrug für diese Neubauten und Umbauten ca 5100—6900 t. Nimmt man den Anteil des Kupfers an Messing mit 60% an, so ergibt sich ein Kupferverbrauch von 3060—4140 t[10]. Der Messingverbrauch für Wasserarmaturen betrug für das gleiche Baujahr 1500 bis 1900 t, der einer Verwendung von 900—1140 t Kupfer entspricht.

8) H. Schmitt, Aluminium i. d. Elektrotechnik in „Aluminium" Sept. 1934.
9) Zitiert in „Metallwirtschaft" Jg. XI, Nr. 49.
10) Nach Berechnungen von G. Ehlers, VDI,: „Heimstoffe in der Haustechnik" in VDI Zeitschr. Bd. 79, Nr. 4, S. 114.

Schließlich gelangten noch 500 t Kupfer für Heizungs-, Kalt- und Warmwasserleitungen zur Anwendung.

Technisch durchaus befriedigend und für viele Fälle anwendbar sind Beschläge und Griffe für Fenster, Türen usw. aus Aluminiumlegierungen, wobei gegenüber Messingbeschlägen keine Veränderung im Preis eintritt. Sehr gut eignen sich hierfür die Legierungen Hydronalium und Panthal V, die blankpoliert ohne jeden Schutzüberzug verwendet werden können. Einen besonderen Schutz gewährt gegen chemische Angriffe (Seifenwasser, Schweiß) das Eloxalverfahren, das auch für Griffe und Beschläge sehr viel zur Anwendung kommt. Außerdem gewährt dieses Oberflächenverfahren die Möglichkeit, das Aussehen der Beschläge zu verändern und somit den besonderen architektonischen Anforderungen anzupassen. Im einzelnen werden aus Aluminiumlegierungen Tür- und Fenstergriffe, Namensschilder, Garderobehaken, Halter aller Art, sowie Teile für Wasserarmaturen hergestellt. Im übrigen sei hier auf das im Teil B Gesagte verwiesen.

3. Vergleich der Kupfer- und Aluminiumversorgung.

In Prozenten ausgedrückt, gliedert sich die deutsche Kupferversorgung in folgende Posten:

Erzeugung 1933	
aus eigenen Erzen	12,0 %
„ fremden Erzen	10,3 „
„ In- und ausländischem Altmetall	24,0 „
Ausländisches Rohkupfer	25,5 „
Einfuhrüberschuß an verbrauchsfertigem Kupfer	28,2 „
	100,0 %

Der Wertanteil deutscher Arbeit bei der Herstellung von Elektrolytkupfer beläuft sich bei der Umarbeitung von:[11]

inländischem Erz auf	100,0 %
ausländischem kupferhaltigen Schwefelkies auf	75,0 „
„ Kupferkonzentraten auf	59,0 „
„ Kupferstein auf	43,0 „
„ Altmetall gebräuchlichster Sorten	40,0 „
„ Rohkupfer auf	25,0 „

Aus dieser Aufstellung geht hervor, daß es das Ziel der deutschen weiterverarbeitenden Kupferindustrie sein muß, sich auf einer möglichst frühen Stufe in den Verfeinerungsprozeß des Kupfers einzuschalten. Am günstigsten wäre es, wenn es gelänge, nur Kupfererze einzuführen und so 75% des Wertes des fertigen Elektrolytkupfers im Inlande zu erzeugen. Wir sahen bereits in Teil A,

11) Nach einer Aufstellung des „Deutschen Kupferinstituts E. V. in der Werbeschrift „Die Rolle des Kupfers in Deutschlands Krise und Wiederaufstieg".

daß einer solchen Umstellung enge Grenzen gesetzt sind, indem einesteils die hohen Frachtkosten die Erzeinfuhr verteuern würden, da die Kupfererze im Gegensatz zu den Aluminiumerzen geringerhaltig sind, und andererseits die Machtverhältnisse auf dem Weltkupfermarkt eine derartige Umstellung verhindern.

Wir sahen bereits, daß der Anteil des eingeführten Fertigkupfers, dessen Gestehungskosten 100%ig im Ausland liegen, außerordentlich groß ist. So wurden 1934 allein 108400 t Fertigkupfer im Werte von 50,1 Mill. Rmk. eingeführt, d. h. rd. 50% des Devisenbedarfs für die deutsche Kupferversorgung wurden für die Einfuhr von Fertigkupfer benötigt.

Wenn es bei der Größe des bisherigen Kupferverbrauches auch unmöglich erscheint, denselben vollkommen auf einen anderen Werkstoff hinzulenken, so muß doch zuerst das Augenmerk auf diese Fertigmetalleinfuhr gerichtet werden.

Wie wir sahen, stellt das Aluminium ein Metall dar, das fast vollkommen im Inlande erzeugt werden kann. Abgesehen von der zahlenmäßig geringen Einfuhr von Bauxit, Kryolith u. a. entstehen 93% des Metallwertes durch inländische Verarbeitung. 1932 und 1933 wies die deutsche Aluminiumindustrie einen Ausfuhrüberschuß von 773.8 und 366.8 t auf. Die gewaltige Verbrauchssteigerung im Jahre 1934 überstieg die Erzeugung, sodaß etwa 8400 t Metall eingeführt werden mußten. Tatsächlich ist aber die Kapazität der deutschen Aluminiumhüttenindustrie groß genug, um auch einen gesteigerten Inlandsverbrauch versorgen zu können. Nach früheren Schätzungen betrug diese Kapazität 54000 t, während für 1935 mit einer Erhöhung auf 65000—71000 t gerechnet werden kann. Der durchschnittliche Verbrauch der deutschen Wirtschaft an Aluminium, ohne die Mehrverwendung, die durch die Rohstoffumstellung bedingt ist, kann mit 34000—35000 t als reichlich angesehen werden. Nimmt man nun nur eine Kapazität der deutschen Hütten in Höhe von 54000 t an, so ist bei voller Ausnutzung jährlich eine zusätzliche Erzeugung von rd. 20000 t Aluminium möglich. Wird dieser Teil der Erzeugung als Austausch für sonst einzuführendes Kupfer verwendet, so ist bereits $^2/_5$ der die deutsche Devisenbilanz am stärksten beanspruchenden Fertigkupfereinfuhr eingespart worden. ⟨Bei einem leitwertgleichen Gewichtsverhältnis von Al : Cu = 1 : 2⟩. Da die Verwendung von Elektrolytkupfer besonders für die Elektrotechnik in Frage kommt, und dort die Möglichkeiten der Verwendung von Aluminium anstelle von Kupfer am größten sind, so ist ein derartiger Austausch schon für die Gegenwart möglich.

Ob es in der Zukunft gelingen wird, auch die übrigen $^3/_5$ der Einfuhr von Fertigkupfer im Austausch durch Aluminium einzu-

sparen, muß abgewartet werden. Die Möglichkeiten sowohl in der Verwendbarkeit des Leichtmetalles anstelle von Kupfer als auch in der notwendigen Erhöhung der Aluminiumerzeugung sind zum großen Teil gegeben.

Zum Schluß sei noch ein Wort zur Wirkung der Abkehr von Kupfer und seiner Ablösung durch Aluminium auf die kupferverarbeitenden Werke gestattet. Eine genaue Untersuchung dieser Frage würde über das Ziel der Arbeit hinausgehen, trotzdem erscheint das Problem so wichtig, daß eine kurze Erwähnung notwendig ist.

Es ist nicht zu leugnen, daß die Umstellung von Kupfer auf Aluminium für die kupferverarbeitende Industrie Nachteile bringen wird. Nach dem Stande von 1925 beträgt die Zahl der kupferverarbeitenden Werke in Deutschland 7796 mit einer Zahl von 153072 Beschäftigten[12]. Wenngleich diese Werke meist nicht ausschließlich Kupfer als Rohstoff verwenden, so zeigen doch die angeführten Zahlen, wie groß das Anwendungsgebiet des roten Metalles ist. Es muß daher Sorge getragen werden, daß auch diesen Betrieben die Umstellung erleichtert wird. Tatsächlich hat sich eine solche Umstellung schon vielfach vollzogen. Werke, die z. B. früher Kupfer walzten, walzen heute Aluminium oder sind wenigstens soweit, diese Umstellung in Kürze vorzunehmen. So haben sich u. a. die Mansfelder Kupfer- und Messingwerke bereits auf Aluminiumverarbeitung umgestellt, indem sie Bleche, Bänder, Scheiben, Rohre, Profile, Stangen, Drähte und Seile aus Aluminium herstellen.

Grundsätzlich kann zu der Frage der Umstellung gesagt werden, daß diese beim Kupfer deshalb ohne schwere Erschütterungen der betr. Industrien vor sich gehen wird, weil durch die Ablösung des Kupfers ein Mehr als ein Weniger an Arbeit entsteht, indem die Mengen, die man früher fertig aus dem Ausland bezog, jetzt im Inland mit eigenen Arbeitskräften hergestellt werden.

---

12) Vgl. VDI Ztschr. Bd. 78, H. 44, S. 1290.

Lebenslauf.

Am 10. Dezember 1912 wurde ich als Sohn des Ingenieurs Andreas Schatz in Leipzig geboren. In Halle a. S. trat ich Ostern 1919 in die Privatschule von Dr. Busse ein, besuchte darauf ein Jahr das Gymnasium, um dann den Rest der Schulzeit auf dem Reform-Real-Gymnasium zu verbringen, woselbst ich Ostern 1931 die Reifeprüfung bestand.

Im gleichen Jahr ließ ich mich an der Martin-Luther-Universität zu Halle a. S. immatrikulieren, um dort Volkswirtschaft zu studieren. Am 4. Mai 1934 bestand ich die staatliche Prüfung für Diplom-Volkswirte mit dem Prädikat „voll befriedigend" und am 29. Juni 1935 die mündliche Doktorprüfung „cum laude".